



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA TESAŘSKÉ SPOJKY

PRODUCTION OF CARPENTRY JOINTS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Kliš

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

BRNO 2019

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Vojtěch Kliš**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Výroba tesařské spojky

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při spojování dřevěných konstrukcí se používá řada kovových prvků, které jsou v převážné většině zhotovovány z plechu. Jedním z nich je i spojka ve tvaru písmene "T". Jedná se o výlisek zhotovený z ocelového plechu tloušťky 2 mm s několika otvory. Účelem práce je prověřit výrobní možnosti a na podkladě provedené analýzy navrhnout a zpracovat postup výroby řešené součásti.

### Cíle bakalářské práce:

- Analyzovat technologičnost konstrukce a navrhnout postup výroby.
- Zpracovat literární studii věnovanou tváření plechu se zaměřením na zvolené výrobní technologie.
- Navrhnout optimální výrobní postup, doložený nezbytnými technologickými výpočty.
- Vypracovat výkresovou dokumentaci tvářecího nástroje.
- Provést technicko–ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

### Seznam doporučené literatury:

HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. (2007): Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

MARCINIAK, Zdislaw, J.L. DUNCAN and S.J. HU. (2002): Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. (2006): Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 217 s. ISBN 80-214-2374-9.

NOVOTNÝ, Karel. (1992) Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

LIDMILA, Zdeněk. (2008): Teorie a technologie tváření I. Brno: Univerzita obrany. 105 s. ISBN 978-8-7213-579-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

KLÍŠ Vojtěch: Výroba tesařské spojky.

---

Práce se zabývá návrhem technologie výroby součásti z pozinkovaného plechu. Jedná se o tesařskou spojku, která slouží ke spojování dřevěných konstrukcí. Práce je zaměřena na tváření kovů, konkrétně technologii stříhání. Na základě výrobní série 30 000 ks/rok, tvaru a rozměrů součásti byla pro výrobu zvolena metoda postupového stříhání. Dále byly provedeny nezbytné technologické výpočty. Nástroj se skládá z normalizovaných komponent, které byly zvoleny na základě daných norem. Pro výrobu byl zvolen výstředníkový lis S 160 E od společnosti Šmeral Brno a.s. Výrobní cena jedné součásti činí 9 Kč.

Klíčová slova: tesařská spojka, postupový nástroj, střižník, střižnice

## **ABSTRACT**

KLÍŠ Vojtěch: Production of carpentry joints.

---

The thesis deals with the design of the technology for the production of the galvanized sheet. It is a carpentry joint that serves for joining wooden structures. The work is focused on metal forming, namely cutting technology. Based on the production series of 30,000 pieces/year, the shape and dimensions of the part, the method of shearing was chosen for production. Furthermore, the necessary technological calculations were performed. The tool consists of standardized components that have been selected based on the standards. For production was chosen eccentric press S 160 E from the company Šmeral Brno a.s. The price of one component is CZK 9.

Keywords: carpentry joints, progressive tool, punch, cutter

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KLIŠ, Vojtěch. *Výroba tesařské spojky* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116387>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 24. 5. 2019

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu doc. Ing. Zdeňku Lidmilovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Děkuji také své rodině za podporu ve studiu.

## OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI .....</b>	<b>10</b>
<b>2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Průběh stříhání.....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Střížná plocha .....	12
2.1.2 Střížný odpor .....	12
2.1.3 Střížná vůle .....	13
2.1.4 Střížná síla a střížná práce .....	14
<b>2.2 Postupové stříhání.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Nástroje pro postupové stříhání .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Přesné stříhání.....</b>	<b>17</b>
<b>3 NÁVRH ŘEŠENÍ.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Rozmístění výstřížků na plech .....</b>	<b>18</b>
3.1.1 Varianty rozmístění výstřížků na plechu .....	19
3.1.2 Využití a potřebné množství tabulí plechu .....	21
<b>3.2 Postup vystřihování .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Výpočet střížné síly a střížné práce .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Výpočet těžiště střížné síly.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Volba lisu .....</b>	<b>26</b>
<b>3.6 Určení funkčních rozměrů střížníku a střížnice .....</b>	<b>27</b>
<b>4 NÁVRH SESTAVY STŘÍŽNÉHO NÁSTROJE.....</b>	<b>30</b>
<b>5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>33</b>
<b>6 ZÁVĚRY .....</b>	<b>35</b>

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů



## ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Obor strojírenské technologie se dělí do dvou základních oblastí, a to oblast technologie třískového obrábění a technologie beztržiskového zpracování (tváření). Volba správné technologie je dnes velmi důležitá a má dopad na výslednou kvalitu výrobku a hospodárnost celého procesu.

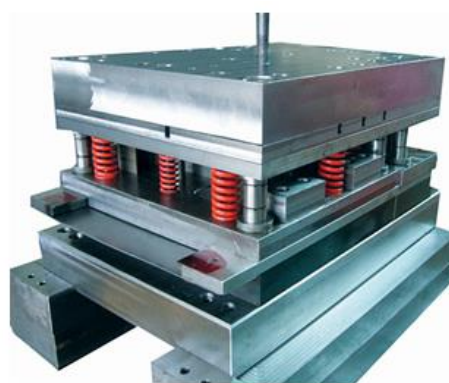
Technologie tváření se vyvíjí už od doby bronzové, ovšem teorie tvářecích procesů byla rozvíjena až od dvacátých let devatenáctého století. Tvářením získáme zpravidla součást, která se velmi blíží požadovanému tvaru výrobku (obr. 1. a obr. 3). Výrobky potom splňují požadavky na vysokou kvalitu hlavně při hromadné výrobě, a tváření je tak při velkých sériích hospodárnější než třískové obrábění. Tváření se dělí na plošné a objemové, a tváří se za tepla i za studena.

Pro plošné tváření je charakteristická deformace ve dvou směrech. Jako polotvar se používá zpravidla plech. Mezi technologie plošného tváření se řadí např. stříhání, tažení, ohýbání, aj.

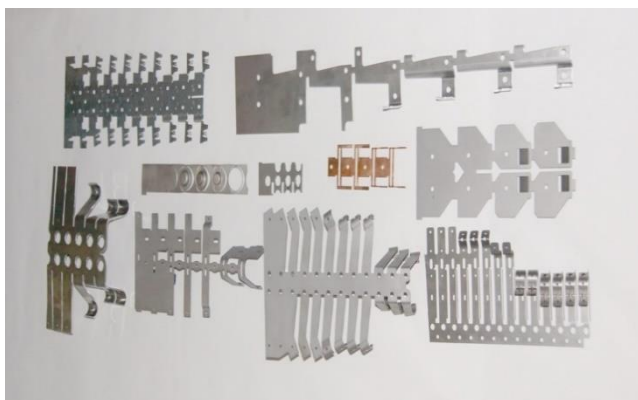
Nejrozšířenější metodou je v dnešní době stříhání. Polotovarem pro tuto technologii bývají většinou pásy plechu různých tloušťek (obr. 4). Při samotném procesu se záměrně porušuje celistvost materiálu a vystřihuje se výrobek daného tvaru. Vyrábí se takto finální výrobky nebo polotovary pro další zpracování. Složitější součásti se mnohdy nedají vyrobit na jeden pracovní zdvih, ale stříhají se postupně v postupových střížných nástrojích (obr. 2).



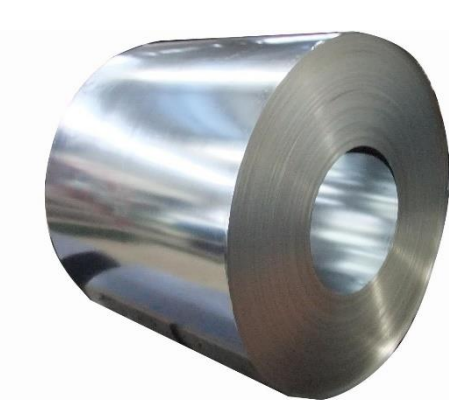
Obr. 1 - Příklady výlisků [3]



Obr. 2 - Postupový střížný nástroj [4]



Obr. 3 - Příklady výlisků 2 [5]



Obr. 4 - Svitek plechu [6]

## 1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI [7]

Zadaná součást pro řešení je tesařská spojka (obr. 5) sloužící pro spojování dřevěných konstrukcí, ke kterým je připevněna pomocí vrutů procházejících otvory v součásti. (obr. 6) Spojka je zhotovena z plechu o tloušťce 2 mm, má tvar písmene „T” o rozměrech 60 x 100 mm a obsahuje šest otvorů pro šrouby o průměru 4,5 mm. (Výrobní výkres je v příloze práce).

Cílem práce je navrhnout a zpracovat postup výroby pro tuto součást. Je také počítáno se sériovou výrobou. Vzhledem k jednoduchosti tvaru zadané součásti a sériovosti výroby, bude spojka zhotovena technologií postupového stříhání z plechu, kdy bude vystřižena na dva pracovní zdvihy (děrování otvorů pro šrouby a vystřižení obrysu). Na materiál spojky nejsou kladeny žádné větší pevnostní nároky, je ovšem možné, že součást bude vystavěna povětrnostním vlivům, proto je vhodné jako materiál spojky zvolit pozinkovaný plech, který ovšem bude vhodný ke tváření za studena.



Obr. 5 - Spojení trámů pomocí tesařské spojky



Obr. 6 - Příklad tesařské spojky [7]

## 2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [1], [2], [8]

Stříhání se řadí do technologie tváření za tepla i za studena. V dnešní době je to nejrozšířenější tvářecí operace. Jedná se o současné nebo postupné oddělování materiálu stříhadlem podél křivky stříhu. Tato křivka je tvořena obvodem výstřížku nebo vystříhovaného otvoru. Nejčastěji jsou takto zpracovávány plechy, a to buď ve formě finálního výrobku, nebo polotovaru, který je určen pro zpracování dalšími technologiemi (tažení, ohýbání aj.). Stříhání se však využívá např. také jako dokončovací operace (odstřížení výronku). Mezi stříhací operace se řadí kromě klasického stříhání také děrování, přistříhování, vystříhování atd.

### 2.1 Průběh stříhání [1], [2], [8], [9], [10], [11], [12]

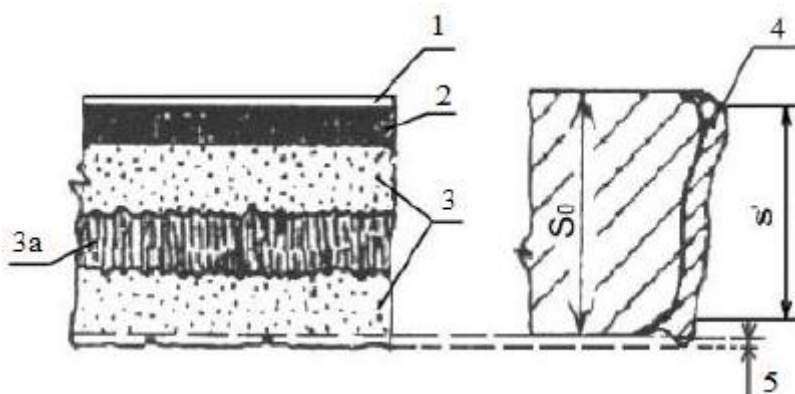
Ke stříhání dochází mezi protilehlými břity střížníku a střížnice. Díky elasticitě materiálu a smykovému napětí probíhá proces stříhu ve třech fázích.

První fáze nastává při dosednutí střížníku na stříhaný materiál, dochází k pružné deformaci, přičemž napětí v materiálu nedosahuje meze pružnosti  $\sigma_E$ . Na konci této fáze dochází vlivem působení silové dvojice k deformaci (ohybu). Hloubka vniknutí střížníku bývá 5 až 8 % tloušťky výstřížku a závisí především na mechanických vlastnostech daného kovu. V této fázi procesu vzniká na střížné ploše pásmo zaoblení (obr. 7).

Ve druhé fázi dojde k překročení meze kluzu  $\sigma_K$  a dochází tak k trvalému přetvoření (plastické deformaci). Střížník vniká do hloubky 10 až 25 % tloušťky materiálu, v závislosti na jeho mechanických vlastnostech. Kov následně vniká do otvoru střížnice. Tato oblast je na střížné ploše označována jako tzv. pásmo vlastního stříhu (obr. 7).

Na začátku třetí fáze dochází k inicializaci malých trhlin (nástřihu) v místě střížných hran. Vznik nástřihu způsobuje napjatost ve střížných vláknech materiálu. Dochází tak k překonání meze pevnosti materiálu ve stříhu  $\tau_s$ . Trhliny se velmi rychle šíří, až do odstřížení výstřížku. Vzniká nejširší oblast střížné plochy tzv. oblast utržení (obr. 7). Rychlost vzniku a šíření trhlin a celková kvalita výstřížku závisí na mechanických vlastnostech materiálu, a také na střížné vůli  $v = 2 \cdot m$ , kde  $m$  je střížná mezera.

Vlivem střížné vůle a mechanických vlastnostech materiálu dochází ve spodní části výstřížku k otláčení od spodního nože a může nám tak vzniknout ostřina. Tuto oblast nazýváme pásmo otláčení.



Obr. 7 – Pásma na střížné ploše [12]

- 1. – pásmo zaoblení 2. – pásmo vlastního stříhu
- 3. oblast utržení 3a. – oťěr 4. – Zpevnění vlivem plastické deformace 5. – pásmo otláčení

### 2.1.1 Střížná plocha [8], [10]

Skládá se ze 4 pásem (obr. 7). Kvalita střížné plochy závisí hlavně na střížné mezeře mezi střížníkem a střížnicí (střížná vůle), ale také na mechanických vlastnostech materiálu a na rychlosti stříhání. U měkkého a houževnatého materiálu je druhá a třetí fáze stříhu delší, naopak u tvrdých a křehkých materiálů jsou tyto fáze velmi krátké a dochází k okamžitému odstřížení.

### 2.1.2 Střížný odpor [8], [10], [11], [13]

Střížný odpor  $\tau_s$  je závislý na mnoha faktorech. Nejvíce je ovlivněn mechanickými vlastnostmi stříhaného materiálu. Platí především, že s klesající tvárností a rostoucí pevností střížný odpor roste. Vhodným ukazatelem tvárnosti je hloubka vniku střížníku do materiálu  $h_{s1}$ , až do okamžiku vzniku nástřihu. Při stejné vůli je hodnota  $h_{s1}$  pro každý materiál stejná. Obecně platí, že hloubka  $h_{s1}$  je pro měkké materiály větší, naopak pro tvrdé materiály menší. Dále platí, že se zmenšující se tloušťkou materiálu hloubka  $h_{s1}$  roste.

Střížný odpor je také ovlivněn třením stříhaného materiálu. V případě stříhání bez mazání bývá koeficient tření na boku výstřižku v rozmezí od 0,18 do 0,3. Velikost třecích sil je závislá hlavně na velikosti střížné vůle.

Dalším faktorem ovlivňujícím střížný odpor je tvar a velikost křivky stříhu. Je známo, že s rostoucími rozměry výstřižku se odpor zmenšuje. Při stříhání kruhových výstřižků je smykové napětí a odpor rozložen po obvodu rovnoměrně, při stříhání nepravidelných tvarů je rozložen nerovnoměrně, přičemž u nekruhových výstřižků může rozložení smykového napětí i odporu ovlivnit také nerovnoměrně rozložená střížná vůle.

Velký vliv na velikost střížného odporu má střížná vůle, kdy se nejmenšího odporu dosahuje při optimální střížné vůli. Při velkých vůlích se třecí síly a tedy i stř. odpor značně zmenšují, naopak při malých vůlích značně rostou. Se zvětšující se vůlí napětí na hraně střížníku a střížnice rychle vzrůstá, což vede k rychlejšímu otupení a opotřebení nástroje. Za účelem zvýšení trvanlivosti nástroje se při malých střížných vůlích doporučuje používat při stříhání maziva.

Mezi další ovlivňující faktory patří tvar otvoru ve střížnici, kde je nejmenšího odporu dosahováno u střížnic s kuželovým otvorem, kterým mohou výstřižky volně vypadávat. Rychlost stříhání na normálních lisech za normálních podmínek se na střížném odporu neprojevuje, ale u lisů s větším počtem zdvihů střížný odpor vrůstá. Stav střížných hran stříhadel nám také výrazně ovlivňuje velikost střížného odporu, kdy při práci s otupeným nástrojem je nutno použít větších střížných sil než u naostřeného nástroje, protože s otupením se zvětšuje také úhel stříhu a plocha stříhu se zvětšuje na úkor střížné vůle. Následkem použití otupeného nástroje může být také horší vysouvání výstřižku z nástroje. Příklady střížných odporů pro vybrané materiály jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 - Střížné odpory vybraných materiálů [13]

Druh materiálu	Označení materiálu ČSN	Střížný odpor $k_s$ [MPa]	Pevnost v tahu $\sigma_{\tau}$ [MPa]
Slitina hliníku	42 4057.1	50 - 70	max. 110
	42 4412.1	110 - 120	max. 230
	42 4451.1	60 - 80	max. 150
	42 4201.1	110 - 130	max. 230
	42 4203.1	120 - 130	max. 240
	42 4253.6	260 - 280	420
Mosaz	42 3912.1	260	300
	42 3212.2	300	350
	42 3212.3	340	400
	42 3234.1	340	400
	42 3256.1	300	350
	42 3256.3	430	500
Bronz	42 3016.1	300	350
	42 3016.2	350	400
	42 3016.3	430	500
	42 3016.4	520	600
Měď	42 3001.1	180	200
	42 3001.3	260	300
	42 3005.1	180	210
Zinek		120 - 200	140 - 230

### 2.1.3 Střížná vůle [1], [8], [10], [21], [15]

Střížná vůle je součet střížných mezer na obou stranách mezi střížníkem a střížnicí, viz obr. 8. Její velikost má velký vliv na působení smykového napětí a tím i na výslednou kvalitu výstřížku, střížný odpor i celkovou životnost stříhadla. Se zmenšující se střížnou vůlí roste střížná síla a s ní i střížná práce, proto za hodnotu optimální vůle je považována požadovaná jakost povrchu střížné plochy při co nejmenší střížné síle. Velikost vůle pro normální stříhání bývá 3 až 20 % tloušťky stříhaného materiálu. U materiálu o tloušťce menší než 0,2 mm se používá stříhání bez vůle. Vliv velikosti vůle na šíření trhliny je vidět na obr. 9. V praxi se její velikost určuje podle normy ČSN 22 6015.

- pro plechy s tloušťkou do 3 mm:

$$v = 2 \cdot c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde:  $t$  – tloušťka materiálu [mm]

$c$  – koeficient závislý na požadavcích stříhání (0,005-0,035) [-]

$\tau_s$  – střížný odpor ( $\tau_s = 0,8R_m$ ) [MPa]

- pro plechy s tloušťkou nad 3 mm:

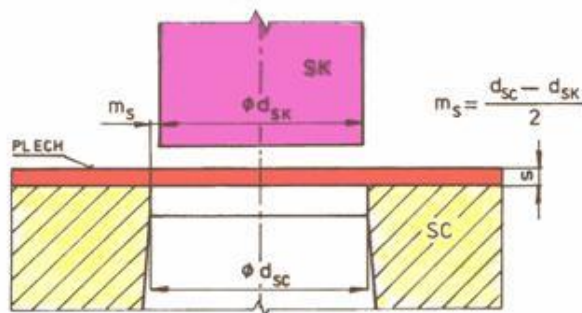
$$v = 2 \cdot (1,5 \cdot c \cdot t - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.2)$$

kde:  $t$  – tloušťka materiálu [mm]

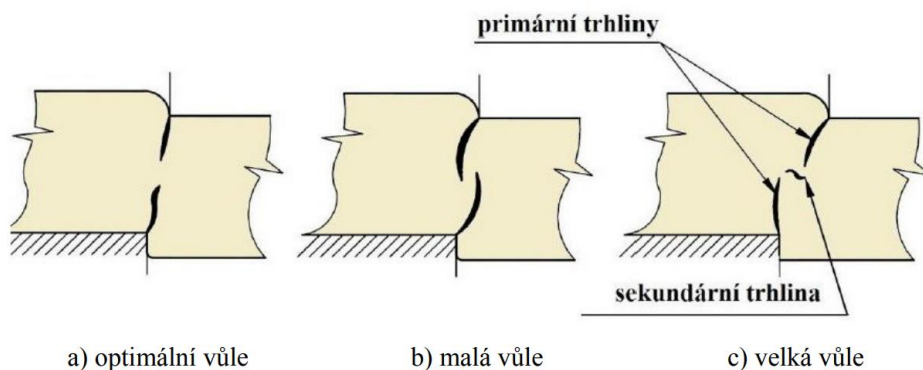
$c$  – koeficient závislý na požadavcích stříhání (0,005-0,035) [-]

$\tau_s$  – střížný odpor ( $\tau_s = 0,8R_m$ ) [MPa]

Pokud se při volbě koeficientu  $c$  požaduje co nejvyšší kvalita, volí se  $c = 0,005$ , pokud je požadována co nejmenší střížná síla, volí se  $c = 0,035$ . Nové nástroje se vyrábí s minimální přípustnou vůlí, protože se střížná vůle při stříhání díky opotřebení mění.



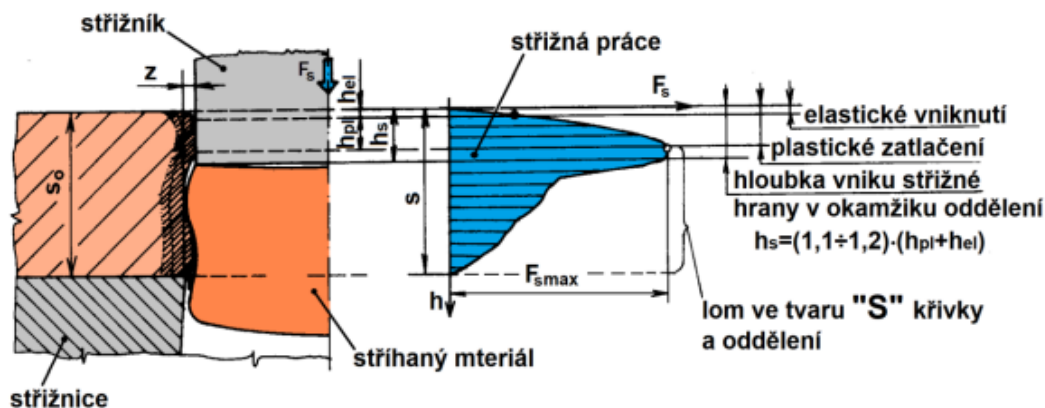
Obr. 8 - Střížná vůle [15]



Obr. 9 - Vliv střížné vůle na šíření trhlín [1]

## 2.1.4 Střížná síla a střížná práce [1], [2], [8], [10], [21]

Průběh střížné síly je znázorněn na obr. 10.

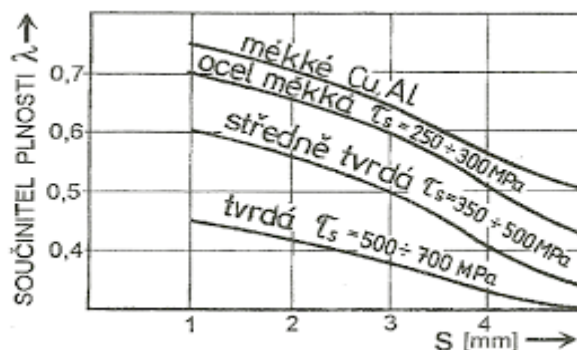


Obr. 10 - Průběh střížné síly [1]

Z obr. 10 je patrné, že křivka v oblasti pružné deformace roste. Růst pokračuje i v oblasti plastické deformace, kde dochází k deformačnímu zpevnění. Růst skončí až po dosažení hodnoty maximální střížné síly  $F_s$ , kdy střížník při vniku do materiálu dosáhne hloubky  $h_s$ . Poté dojde ke vzniku nástříhu a síla  $F_s$  začne mírně klesat, dále následuje úplné oddělení materiálu a dochází k výraznému poklesu střížné síly až na nulovou hodnotu. Celková střížná síla se skládá ze tří složek, a to ze síly potřebné k vystřížení výstřížku – střížná síla, síly potřebné k setření výstřížku ze střížníku – stírací síla a síly pro protlačení výstřížků střížnicí – protlačovací síla.

Pro snížení střížné síly se upravují střížníky popř. střížnice a to hlavně pro stříhání materiálů o velké tloušťce.

Střížná práce je pak charakterizována jako plocha pod křivkou střížné síly viz obr. 10 a vypočítá se podle vztahu (2.7), ve kterém se vyskytuje součinitel plnosti  $\lambda$  diagramu závislosti  $F$ - $s$ . Hodnota tohoto součinitele pro daný kov závisí na tloušťce stříhaného materiálu a lze ji odečíst z grafu (obr. 11).



Obr. 11 - Součinitel plnosti v závislosti na tloušťce materiálu [1]

### Střížná síla:

$$F_s = n_{op} \cdot S \cdot \tau_s = n_{op} \cdot l \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m \quad [N] \quad (2.3)$$

kde:  $n_{op}$  – koeficient zahrnující opotřebení nástroje (1,2 až 1,55) [-]

$S$  – plocha stříhu [ $\text{mm}^2$ ]

$\tau_s$  – střížný odpor [MPa]

$l$  – délka stříhu (obvod všech stříhaných součástí) [mm]

$s$  – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

$R_m$  – mez pevnosti [Mpa]



**Stírací síla:**

$$F_t = k_{eu} \cdot F_s \text{ [N]} \quad (2.4)$$

kde:  $F_s$  – střížná síla [N]

$k_{eu}$  – koeficient stírání (pro  $s < 1 \text{ mm}$  .....  $k = 0.02$  až  $0.08$  [-])

pro  $s = 1$  až  $5 \text{ mm}$  ...  $k = 0,06$  až  $0,12$

pro  $s > 5 \text{ mm}$  .....  $k = 0.08$  až  $0,15$ )

**Protlačovací síla:**

$$F_v = k_1 \cdot F_s \cdot n_{op} \text{ [N]} \quad (2.5)$$

kde:  $F_s$  – střížná síla [N]

$k_1$  – koeficient protlačování ( $k_1 = 0.05$  až  $0.10$ ) [-]

$n_{op}$  – koeficient zahrnující opotřebení nástroje ( $1,2$  až  $1,55$ ) [-]

**Celková střížná síla:**

$$F_c = F_s \cdot F_t \cdot F_v \text{ [N]} \quad (2.6)$$

kde:  $F_s$  – střížná síla [N]

$F_t$  – stírací síla [N]

$F_v$  – protlačovací síla [N]

**Střížná práce:**

$$A = \frac{k_m \cdot F_s \cdot t}{1000} \text{ [J]} \quad (2.7)$$

kde:  $F_s$  – střížná síla [N]

$k$  – součinitel plnosti ( $k = 0.4$  až  $0.7$ ) [-]

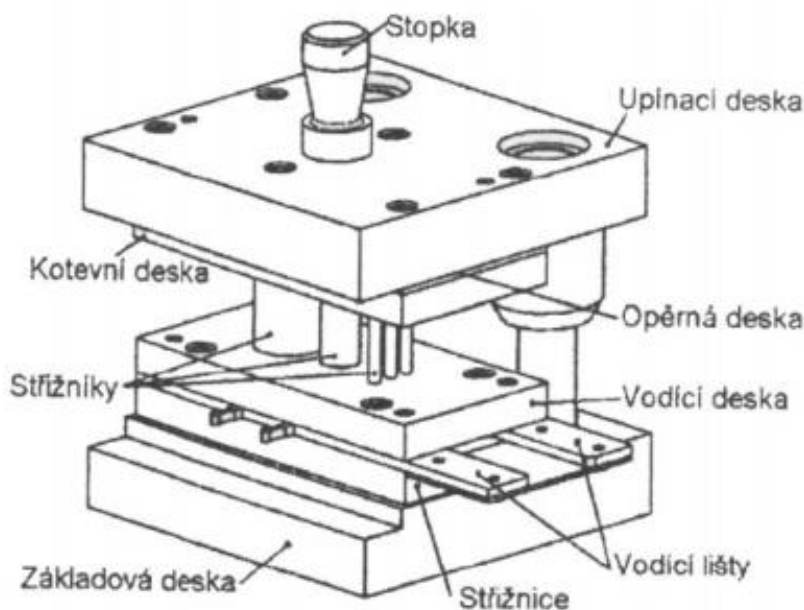
$t$  – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

**2.2 Postupové stříhání [1], [8], [10]**

Vystřihováním se zhotovují výstřižky různých tvarů. Tyto výstřižky slouží jako polotovary pro další výrobu nebo přímo jako finální výrobek. Vzhledem k tvarové náročnosti, nebo požadavku zhotovit ve výstřižku otvory nelze vystříhnout výstřižek najednou, ale vystřihuje se postupně na postupovém stříhadle. Na základě posouzení tvaru výstřižku je třeba zvolit vhodný postup vystřihování, na který má hlavní vliv tvarová složitost obvodu a otvorů výstřižku, umístění a vzájemná vzdálenost otvorů od obvodu, tloušťka a materiál plechu. Za účelem dosažení dobré kvality a zajištění podávání pásu musí být mezi výstřižkem a okrajem pásu plechu zachována určitá šířka mezery. Polotovarem pro postupové stříhání bývají většinou pásy plechu ze svitku nebo se pásy nastříhají z tabulí plechu.

## 2.3 Nástroje pro postupové stříhání [2], [8], [15], [16], [17]

Nástroje pro postupové stříhání jsou postupové střížné nástroje (obr. 12), jejichž hlavními funkčními částmi jsou horní pohyblivé střížníky a spodní nepohyblivé střížnice. Na beran a stůl lisu jsou upevněny pomocí horní a spodní upínací desky. K horní upínací desce jsou pomocí kotevňové desky upevněny střížníky. Nad opěrnou plochu střížníků je vložena kalená podložka, aby nedocházelo k zamáčknutí střížníku do upínací desky. Spodní díl nástroje se nazývá střížná skříň a skládá se ze střížnice, vodících lišt a zaváděcí podložky sloužící k vedení plechu v nástroji a z vodící desky, která plní i funkci stěrače.

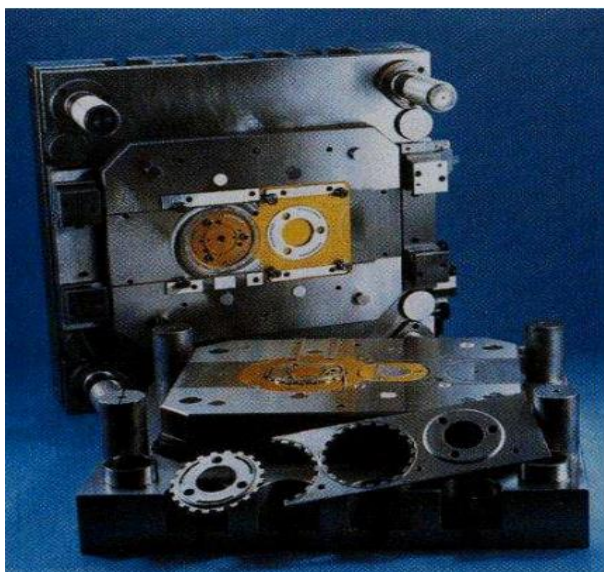


Obr. 12 - Popis postupového střížného nástroje [16]

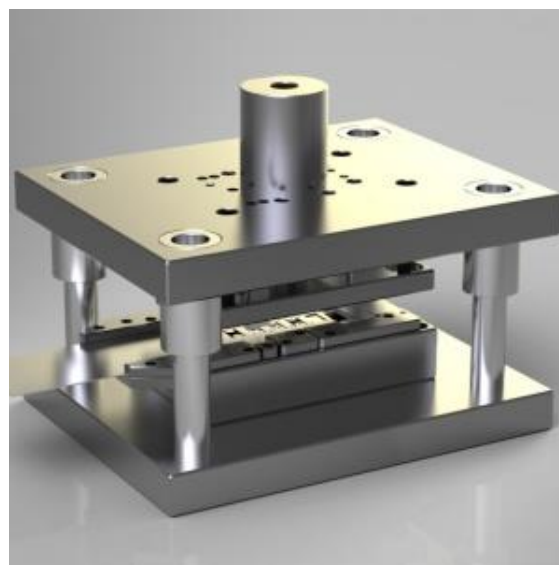
Funkce postupového střížného nástroje spočívá v tom, že se pás plechu vsune mezi vodící lišty, poté jsou vystříženy otvory a plech se posune o jeden krok. Následně je vystřížen samotný obrys součásti. Délku jednotlivých kroků vymezují různé druhy dorazů, které ovlivňují plynulý chod stroje, a také jeho životnost. Pokud je podávání plechů automatické dorazy nejsou potřeba. U ostatních střížných nástrojů jsou ale nutností. Dorazy dělíme na načínací, pevné, zpětné, odstříhovací a automatické. Před samotným stříhem dochází ještě k vycentrování plechu pomocí hledáčku, tj. kolík zabudovaný ve střížníku.

Střížné nástroje jsou za účelem zpřesnění a zkvalitnění stříhu konstruovány do normalizovaných vodících stojánků, které zjednodušují konstrukci stříhadla a zajišťují přesné centrování horní a dolní části stříhadla. Aby nedocházelo ke snížení životnosti nástroje a opotřebení beranu lisu, je potřeba graficky nebo početně najít výslednici střížné síly a zajistit její působení v ose lisu. Příklady postupových střížných nástrojů jsou na obr. 13 a obr. 14.





Obr. 13 - Příklad postupového střížného nástroje s výstřížkem zhotoveným na dva kroky [16]



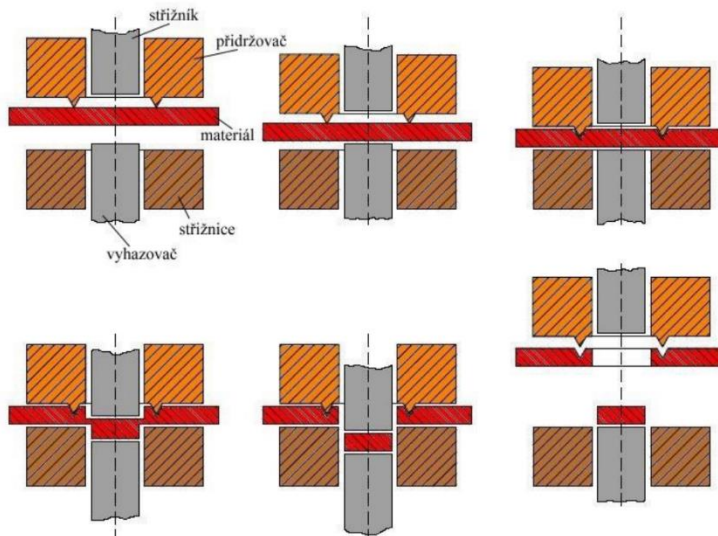
Obr. 14 - Příklad postupového střížného nástroje [17]

## 2.4 Přesné stříhání [8], [15], [18]

Při vystříhování se střížná plocha skládá ze 4 pásem, při čemž nejširší a nekvalitní pásmo je pásmo utržení. Přesné stříhání je tedy souhrn střížných procesů, jejichž výsledkem jsou výstřížky s vysokou přesností a kvalitou střížné plochy. Vychází se ze zvýšené tlakové napjatosti v plechu, kdy dojde k rozšíření pásma plasticity na celou tloušťku plechu. Využívá se také tzv. přistříhování, kde se dodatečně přistříhne malé množství kovu ze střížné plochy.

Výhodou přesného stříhání je zhotovení součástí s hladkou střížnou plochou a rozměry. Součásti mohou ihned plnit svoji funkci a nemusí se dále zpracovávat. Dále také nedochází k rázům, proto nemusíme redukovat vibrace a hluk. Nevýhodou je složitá konstrukce střížných nástrojů, vysoké požadavky na přesnost a tím i vysoká cena těchto nástrojů, proto je tato technologie výhodná spíše pro velkosériové výroby.

Nejvíce používanou metodou je vystříhování tlačnou hranou (obr. 15). Tato metoda je poměrně složitá, ale výsledkem je přesná a kvalitní střížná plocha. Nejdříve dojde k sevření materiálu mezi přidržovačem a střížnicí. Tlačná hrana je do plechu zalisována dříve než střížník. Střížná vůle je zde přibližně 0,5 % tloušťky materiálu, což je zhruba 10krát méně než u klasického stříhání. Mezi střížníkem a vyhazovačem je zároveň sevřen materiál, který i v průběhu stříhání působí tlakem proti střížníku. Materiál se tak při vlastním stříhu neprohne, díky tomu, že tlačná hrana zachycuje radiální složku pružení, která vzniká v důsledku plastické deformace.



Obr. 15 - Metoda vystříhování s tlačnou hranou [18]

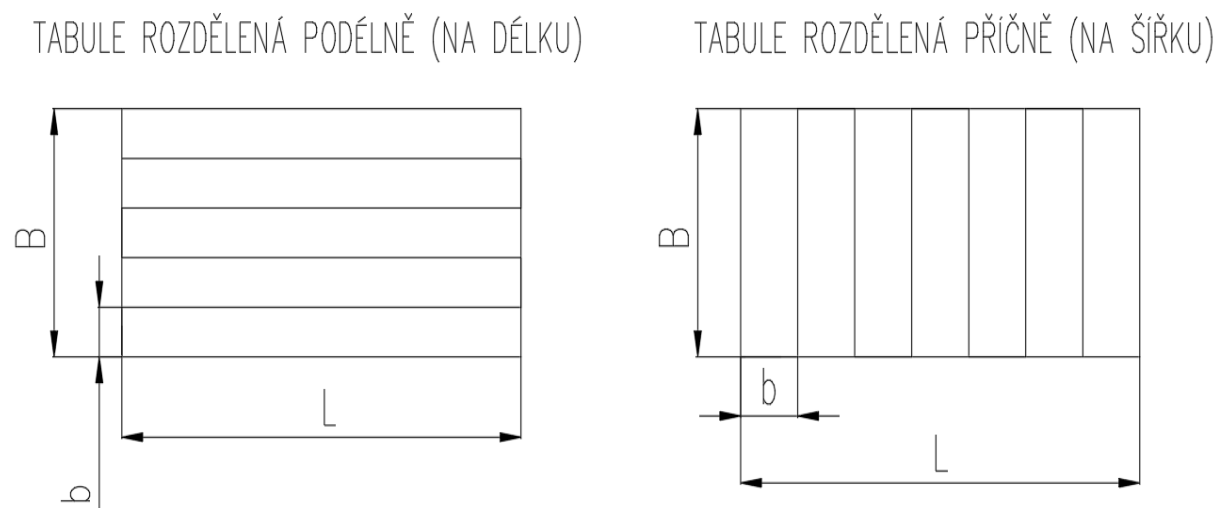
### 3 NÁVRH ŘEŠENÍ [8], [10], [30], [32]

Při výrobě tesařské spojky tvaru „T“, která má hlavní rozměry 100 x 60 mm a tloušťku 2 mm, bude využito technologie stříhání v postupovém střížném nástroji. Materiál součásti byl s ohledem na fakt, že součástka bude používána ve venkovních prostorech a bude vystavena povětrnostním vlivům, zvolen DX51D+Z200-M-A-C (1.0917). Jedná se o pozinkovaný plech, jehož základním materiálem je ocelový plech DX51D+Z vhodný ke tváření za studena, s mechanickými vlastnostmi, které jsou uvedeny v příloze č. 1. Na základě velikosti série, která činí 30 000 ks/rok byla jako výchozí polotovár zvolena tabule plechu, která je pro materiál DX51D+Z200-M-A-C dodávána v rozměrech 2 x 1000 x 2000 mm. Tabule budou nakoupeny od společnosti Feron, a.s. Katalogový list polotovaru je uveden v příloze č. 2. Uvažováno je s ručním podáváním pásu plechu do nástroje.

#### 3.1 Rozmístění výstřížků na plech [8]

Cílem tohoto rozmístění bylo umístit výstřížky na pás plechu tak, aby bylo dosaženo co nejvíce výstřížků z jedné tabule plechu. Volba vhodného rozmístění výstřížků na plech je zejména při velkosériové výrobě velmi důležitá, neboť rozhoduje o ekonomičnosti celého procesu. Při tvorbě tohoto plánu určí přepážky mezi jednotlivými výstřížky, šířka pásu plechu a délka kroku, o který se pás plechu bude posouvat do nástroje.

U tesařské spojky se nebude, vzhledem k její funkci, požadované přesnosti a kvalitě uvažovat s přepážkami na okraji pásů plechu. Zvolil jsem tři varianty uspořádání výstřížků na pásu plechu, přičemž tabuli plechu lze rozdělit na pásy v podélném, nebo příčném směru (obr. 16). Hodnoty můstků jsou voleny podle tabulky v příloze č. 3.

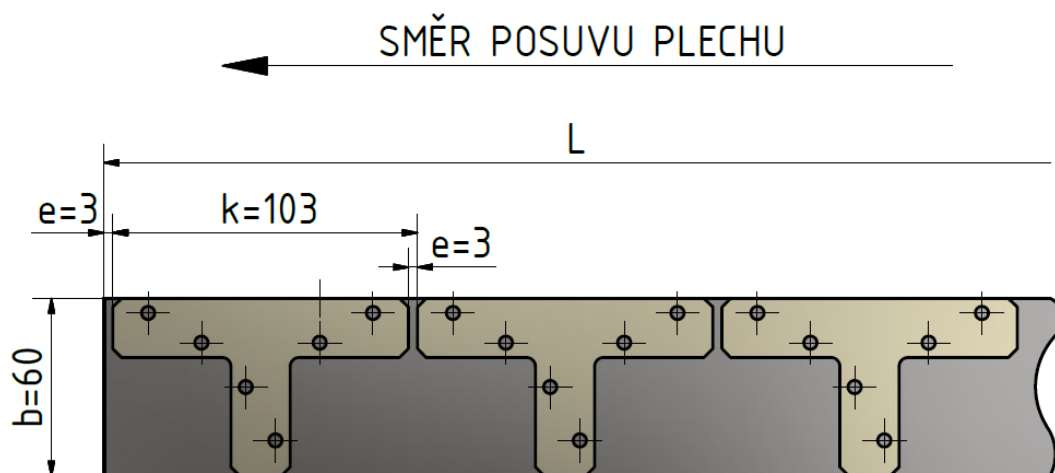


Obr. 16 - Možnosti rozdělení tabule na pásy plechu

### 3.1.1 Varianty rozmístění výstřižků na plechu [12], [14]

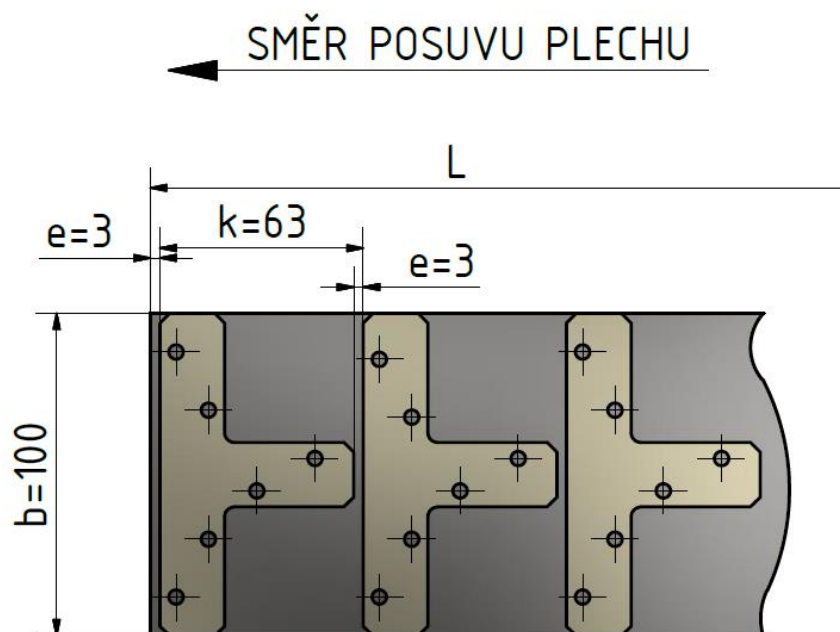
Vzorový výpočet rozmístění výstřižků na plechu je uveden u nejvýhodnější varianty č. 5, ostatní výpočty jsou uvedeny v příloze č. 4. Přehled vypočtených hodnot je uveden v tab. 2.

- **1. Varianta, tabule rozdělena na délku – Uspořádání jednořadé „na délku“ (obr. 17)**  
 $b = 60 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$
- **2. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání jednořadé „na délku“**  
 $b = 60 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$



Obr. 17 - Jednořadé uspořádání výstřižků na plech (uspořádání na „délku“)

- **3. Varianta, tabule rozdělena na délku – Uspořádání jednořadé „na výšku“ (obr. 18)**  
 $b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$
- **4. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání jednořadé „na výšku“**  
 $b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$



Obr. 18 - Jednořadé uspořádání výstřižků na plech (uspořádání „šířku“)

- **5. Varianta, tabule rozdělena na délku – Uspořádání dvouřadé (obr. 19)**

$$b = 84,5 \text{ mm} \rightarrow e = 4,5 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{B}{b} = \frac{1000}{84,5} = 11,83 \rightarrow 11 \text{ (pásů)} \quad (3.1)$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{L-e}{k} = \frac{2000-4,5}{104,5} = 19,1 \rightarrow 19 \text{ ks} \quad (3.2)$$

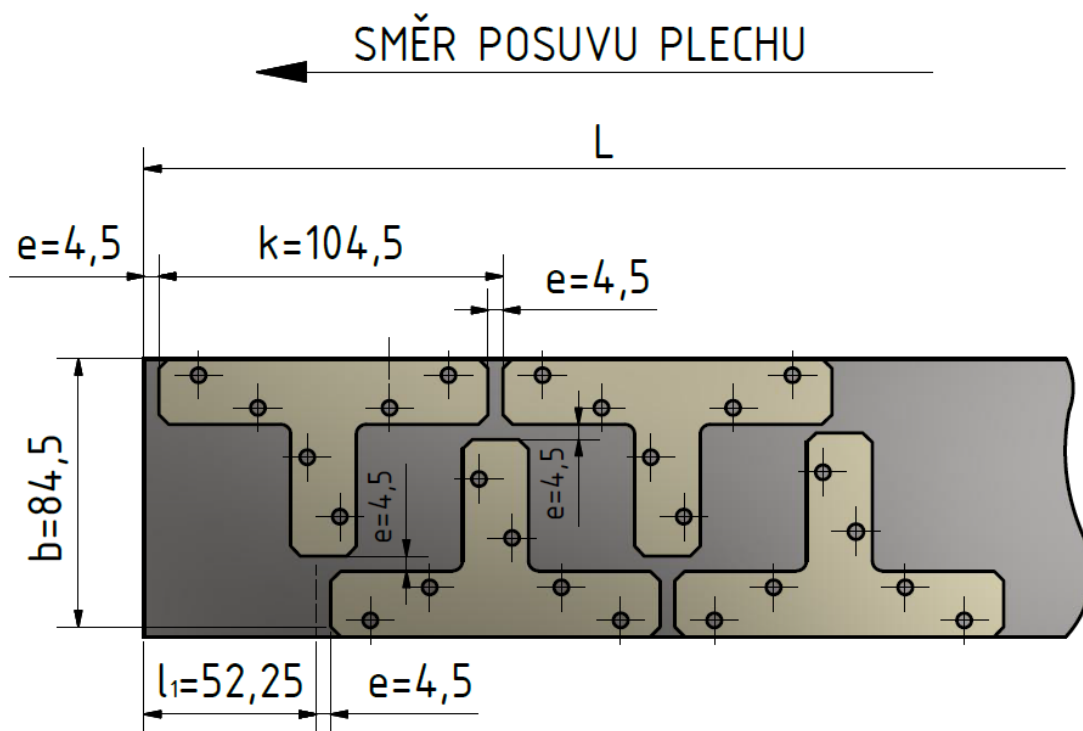
$$n_2 = \frac{L-e-l_1}{k} = \frac{2000-4,5-55,25}{104,5} = 18,57 \rightarrow 18 \text{ ks} \quad (3.3)$$

Počet výstřížků z tabule:

$$n = (n_1 + n_2) \cdot n_p = (19 + 18) \cdot 11 = 407 \text{ ks} \quad (3.4)$$

- **6. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání dvouřadé**

$$b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$



Obr. 19 - Dvouřadé uspořádání výstřížků na plech

Tab. 2 - Přehled vypočtených hodnot pro rozmístění výstřížků na plech

Varianta č.	Počet pásů plechu z tabule	Počet výstřížků z pásu	Počet výstřížků z tabule
1	16	19	304
2	33	9	297
3	10	31	310
4	20	15	300
5	11	37	407
6	23	17	391

Jak vyplývá z porovnání jednotlivých variant největšího počtu výstřížků lze docílit při uspořádání výstřížku podle varianty č. 5, kdy je tabule plechu rozdělena na délku a výstřížky uspořádány dvouradě. S touto variantou bude dále počítáno v práci.

Plocha výstřížku:

$$S_V = 100 \cdot 20 + 40 \cdot 20 = 2800 \text{ mm}^2 \quad (3.5)$$

### 3.1.2 Využití a potřebné množství tabulí plechu [12], [14]

Plocha výstřížků z jedné tabule:

$$S_C = n \cdot S_V = 407 \cdot 2800 = 1\,139\,600 \text{ mm}^2 \quad (3.6)$$

Plocha tabule:

$$S_P = L \cdot B = 2000 \cdot 1000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2 \quad (3.7)$$

Využití materiálu jedné tabule:

$$K_m = \frac{S_C}{S_P} = \frac{1\,139\,600}{2\,000\,000} = 56,98\% \quad (3.8)$$

Počet tabulí potřebných pro celou sérii:

$$n_T = \frac{N}{n} = \frac{30\,000}{407} = 73,71 = 74 \text{ tabulí} \quad (3.9)$$

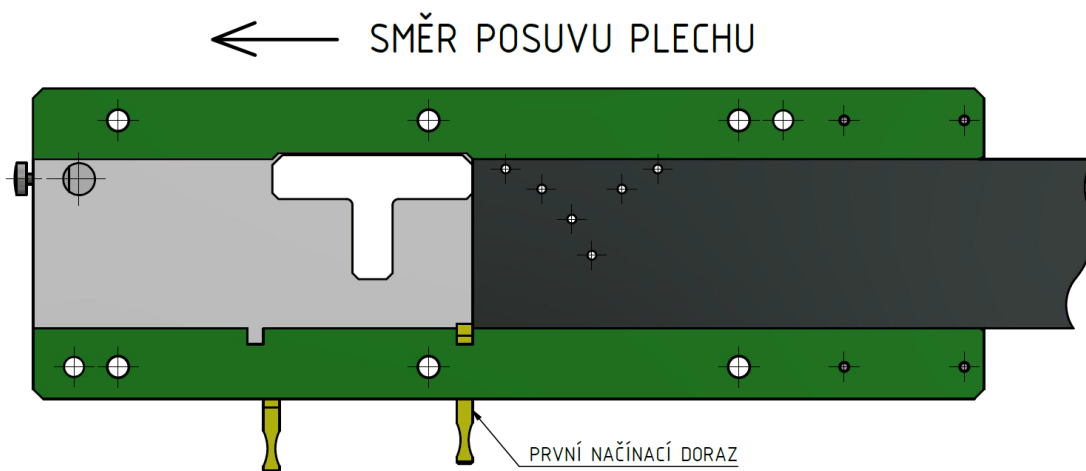
Využití materiálu bude 56,98% a na celou sérii bude potřeba 74 tabulí plechu.

### 3.2 Postup vystřihování [8], [10]

Zadaný dílec se bude vystřihovat na dva kroky, v prvním kroku dojde k děrování otvorů, ve druhém k vystřížení obrysu.

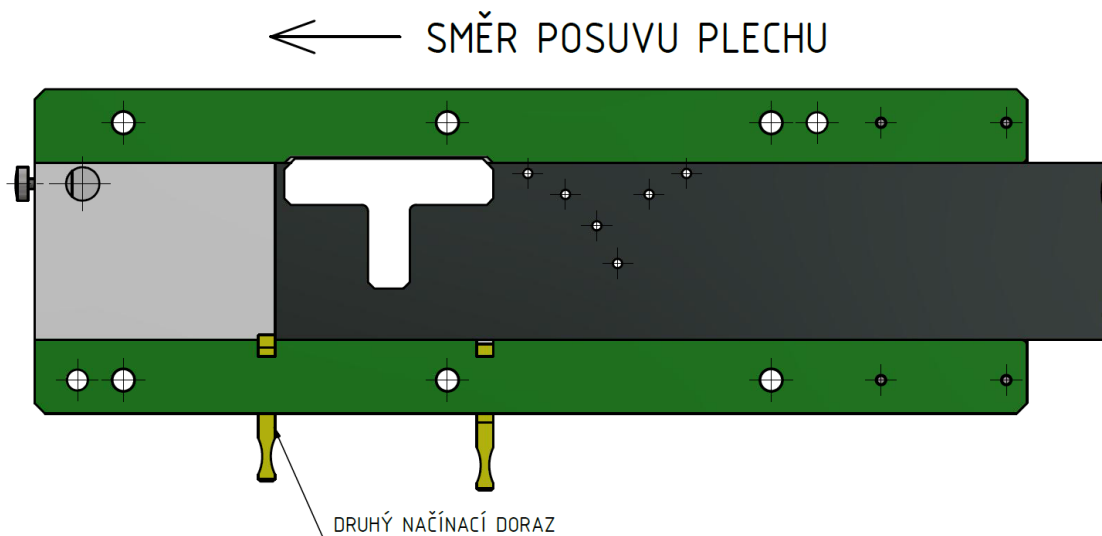
Popis postupu vystřihování:

- Pás plechu se zasune do nástroje k prvnímu načínacímu dorazu, který již bude připraven. Následně se provede první zdvih lisu, kdy dojde k děrování šesti otvorů o průměru 4,5 mm. (obr. 20)



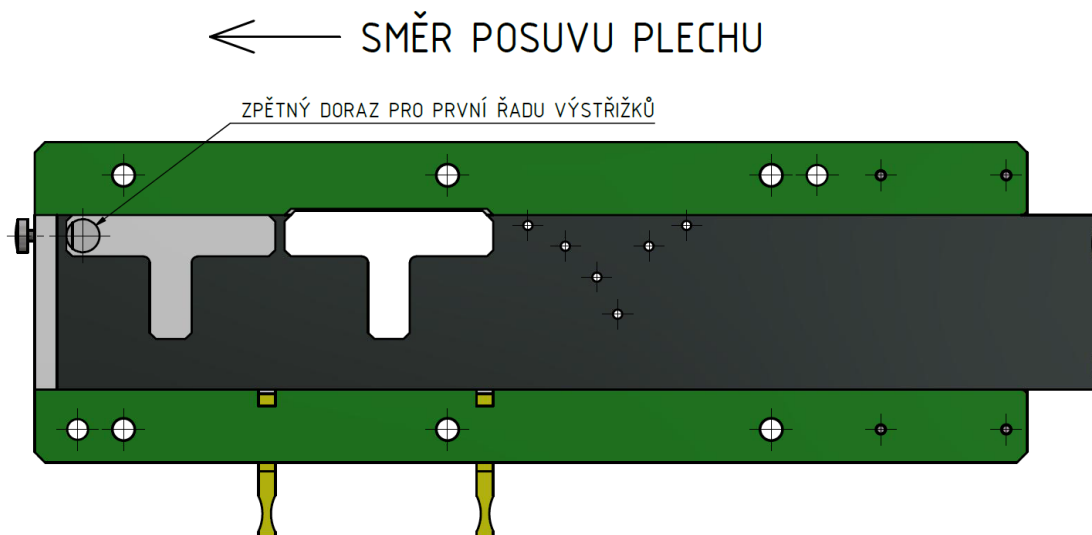
Obr. 20 - Postup vystřihování - 1. krok

- První načínací doraz se vysune, druhý načínací doraz se zasune a pás plechu se na něj dorazí. Poté se provede druhý zdvih lisu, kdy dojde k vystřížení obrysu. Výstřížek propadne otvorem ve střížnici do bedny pod lisem. (obr. 21)



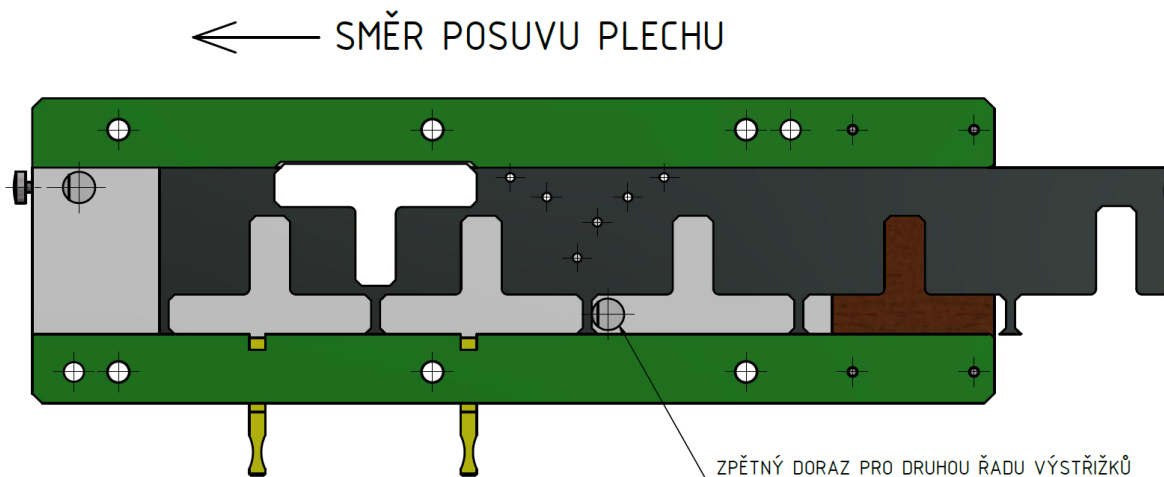
Obr. 21 - Postup vystřihování - 2. krok

- Druhý načínací doraz se zasune a plech se dále ustavuje za otvor po vystřiženém obrysu pomocí zpětného dorazu pro první řadu výstřižků. Takto se pokračuje až po konec pásu plechu. (obr. 22)



Obr. 22 - Postup vystřihování - 3. a ostatní kroky v první řadě výstřižků

- Poté se plech otočí o 180°. Zpětný doraz pro první řadu se zasune a zajistí pomocí šroubu, tak aby nevyčnival ze střížnice. K ustavení pásu plechu pro druhou řadu výstřižků se využije vystřižených otvorů po první řadě, za které se pás plechu pomocí druhého zpětného dorazu ustaví. Tímto způsobem se pokračuje až po konec plechu. (obr. 23)



Obr. 23 - Postup vystřihování - 2. řada výstřižků

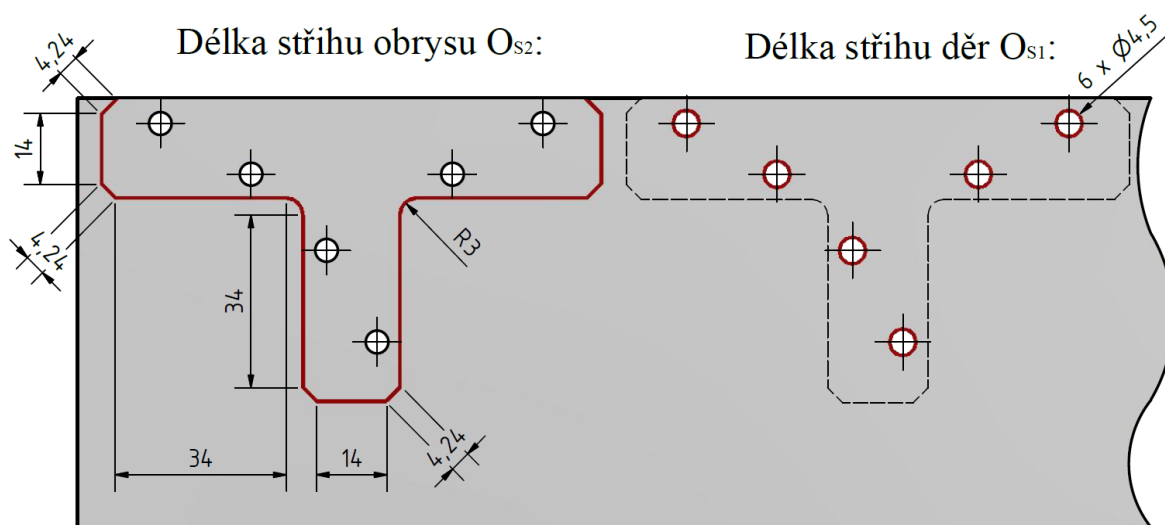
### 3.3 Výpočet střížné síly a střížné práce [8], [10], [21], [30]

Střížná síla je vypočítána podle vztahu (2.3) a Střížná práce na základě vztahu (2.7). Délky stříhu jednotlivých operací jsou znázorněny na obr. 24.

Zadaný výstřížek bude vyráběn z pozinkovaného plechu z oceli DX51D+Z s mezí pevnosti  $R_m = 270-500$  MPa. Pro výpočet je třeba vycházet z hodnoty  $R_m = 500$  MPa. Opravný koeficient " $n_{op}$ ", zohledňující vliv opotřebení střížné hrany při stříhání, byl zvolen  $n_{op} = 1,2$  viz příloha č. 5. Koeficient " $k_m$ " závislý na druhu a tloušťce materiálu, při výpočtu střížné práce byl zvolen  $k_m = 0,38$  viz příloha č. 6.

- Výpočet střížného odporu:

$$\tau_s = R_m \cdot 0,8 = 500 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$



Obr. 24 - Délky stříhu jednotlivých operací

- Výpočet střížné síly:

Pro první operaci (děrování):

$$o_{s1} = 6 \cdot \pi \cdot d = 6 \cdot \pi \cdot 4,5 = 84,82 \text{ mm} \quad (3.10)$$

$$F_{s1} = n \cdot \tau_s \cdot S = n \cdot \tau_s \cdot t \cdot o_{s1} = 1,2 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 84,82 = 81\,427,2 \text{ N}$$

Pro druhou operaci (vystřížení obrysu):

$$o_{s2} = 6 \cdot 4,24 + 3 \cdot 14 + 4 \cdot 34 + \pi \cdot 3 = 212,9 \text{ mm} \quad (3.11)$$

$$F_{s2} = n \cdot \tau_s \cdot S = n \cdot \tau_s \cdot t \cdot o_{s2} = 1,2 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 212,9 = 204\,384 \text{ N}$$

Celková střížná síla pro obě operace:

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} = 81\,427,2 + 204\,384 = 285\,811,2 \text{ N}$$

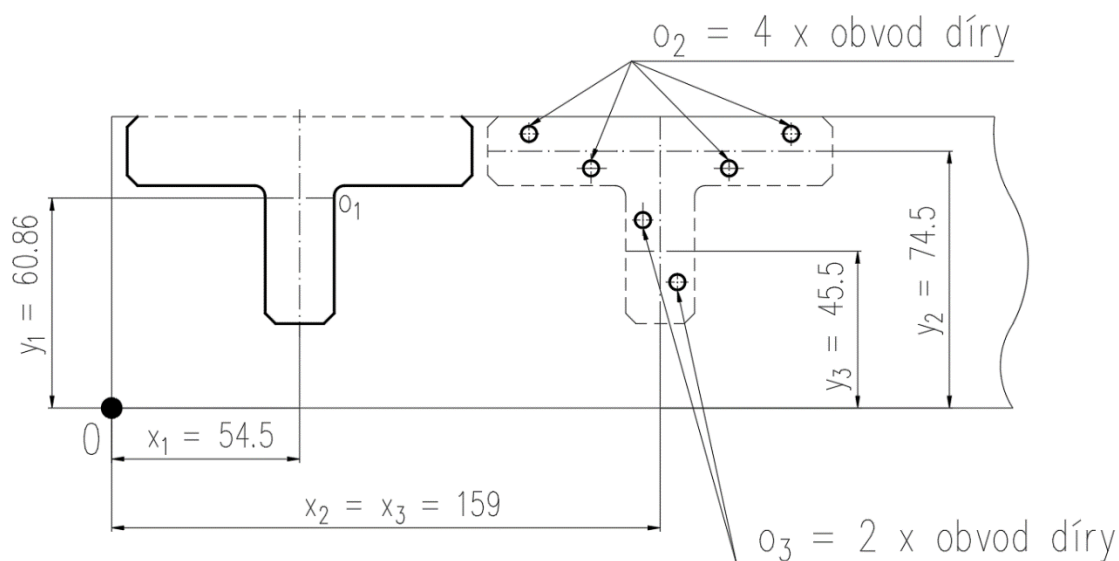
- Výpočet střížné práce:

$$A = \frac{k_m \cdot F_s \cdot t}{1000} = \frac{0,38 \cdot 285\,811,2 \cdot 2}{1000} = 217,2 \text{ J}$$



### 3.4 Výpočet těžiště střížné síly [10]

Pro zajištění požadované kvality výstřížku a zvýšení odolnosti vůči opotřebení stroje i nástroje je třeba, aby výslednice střížných sil byla v ose lisu. Velikost střížných sil je přímo úměrná obvodu stříhaných otvorů. Lze tak předpokládat, že střížné síly působí v těžišti každého otvoru. Působíště střížných sil lze určit graficky nebo počteně. V této práci byla zvolena početní metoda, která vychází z délky obvodů jednotlivých obrysů v závislosti na poloze jejich těžišť od zvoleného počátku (obr. 25). Vypočtené hodnoty jsou shrnuty v tab. 3.



Obr. 25 - Poloha těžišť stříhaných obrysů

Tab. 3 - Přehled obvodů a poloh těžišť zadané součásti.

Obvody jednotlivých stříhaných obrysů	Poloha těžiště v ose x	Poloha těžiště v ose y
$o_1 = 6 \cdot 4,24 + 3 \cdot 14 + 4 \cdot 34 + \pi \cdot 3 = 212,9 \text{ mm}$	$x_1 = 54,5 \text{ mm}$	$y_1 = 60,9 \text{ mm}$
$o_2 = 4 \cdot \pi \cdot d = 4 \cdot \pi \cdot 4,5 = 56,6 \text{ mm}$	$x_2 = 159 \text{ mm}$	$y_2 = 74,5 \text{ mm}$
$o_3 = 2 \cdot \pi \cdot d = 2 \cdot \pi \cdot 4,5 = 28,3 \text{ mm}$	$x_3 = 159 \text{ mm}$	$y_3 = 45,5 \text{ mm}$

Výpočet těžiště:

$$x_T = \frac{o_1 \cdot x_1 + o_2 \cdot x_2 + o_3 \cdot x_3}{o_1 + o_2 + o_3} = \frac{212,9 \cdot 54,5 + 56,6 \cdot 159 + 28,3 \cdot 159}{212,9 + 56,6 + 28,3} = 84,3 \text{ mm} \quad (3.12)$$

$$y_T = \frac{o_1 \cdot y_1 + o_2 \cdot y_2 + o_3 \cdot y_3}{o_1 + o_2 + o_3} = \frac{212,9 \cdot 60,9 + 56,6 \cdot 74,5 + 28,3 \cdot 45,5}{212,9 + 56,6 + 28,3} = 62 \text{ mm} \quad (3.13)$$

Poloha těžiště střížné síly, ve kterém bude umístěna stopka nástroje je  $T = [83,3; 62]$ .

### 3.5 Volba lisu [21], [19]

Pro výrobu zadané součásti bude použit výstředníkový lis od společnosti Šmeral Brno a.s. Společnost nabízí výstředníkové lisy s nastavitelným zdvihem beranu, se stojanem tvaru „C“. Tyto lisy jsou určeny pro stříhací, ohýbací a jiné operace v lisovnách, zejména při zpracování pásu plechů nebo svitku.

Na základě výpočtu síly lisu a potřebné bezpečnosti byl pro tuto výrobu zvolen výstředníkový lis S 160 E (obr. 26) s technickými parametry uvedenými v Tab. 4.

Výpočet minimální síly lisu:

$$F_{lisu} \geq 1,5 \cdot F_S \quad (3.14)$$

$$F_{lisu} \geq 1,5 \cdot 285\,811,2$$

$$F_{lisu} \geq 428\,716,8\,N$$



Obr. 26 - Výstředníkový lis S 150 E [19]

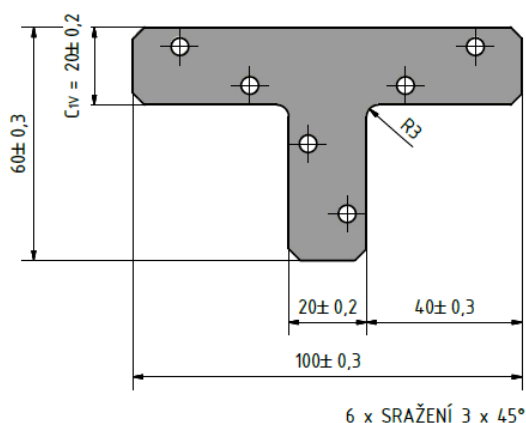
Tab. 4 - Technické parametry lisu S 160 E [19]

Lis S 160 E – Technické parametry		
Tvářecí síla	kN	1600
Sevření	mm	500
Vyložení	mm	400
Upínací plocha stolu	mm	1200 x 800
Upínací plocha beranu	mm	860 x 520
Zdvih beranu	mm	20 – 160
Počet zdvihů	min <sup>-1</sup>	60
Přestavování beranu	Mm	100
Celkový instalovaný výkon	kW	15
Rozměry stroje v*š*h	m	3,3*1,2*2,3
Upínací dutina beranu (d/l)	mm	φ50/85
Tloušťka desky stolu	mm	100

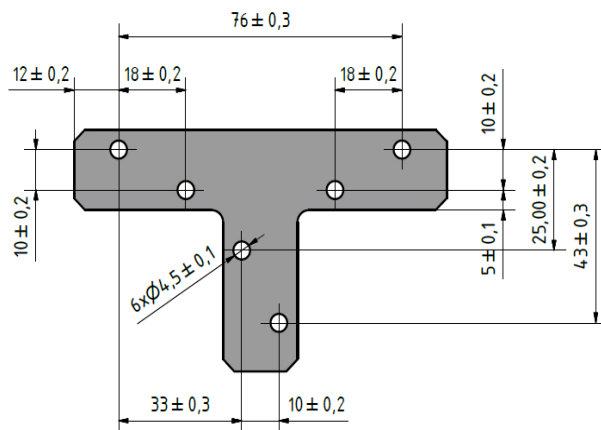
### 3.6 Určení funkčních rozměrů střížníku a střížnice [20], [21]

Při stanovení rozměrů funkčních částí střížného nástroje bylo vycházeno z normy ČSN 22 6015. Protože se na výstřižku vyskytují i rozměry, které nemají předepsané tolerance, byla pro jejich tolerování využita norma DIN ISO 2768-MK (Všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů) uvedena v příloze č. 7. Na základě takto doplněných tolerancí rozměrů na výstřižku (obr. 28 a obr. 29) byly z normy ČSN 22 6015 určeny tolerance střížníku, střížnice a přípustné míry opotřebení, uvedené v příloze č. 8. Přehled těchto hodnot pro dané rozměry je v tab. 5. Následně dle vztahů uvedených v příloze č. 9 a 10, byly vypočteny rozměry střížníku a střížnice pro vystřihování a děrování. Označení jednotlivých rozměrů je pro vystřihování na obr. 29 a pro děrování na obr. 30. U rozměru  $C_{1S} = 22$  mm byl oproti rozměru na výstřižku  $C_{1V} = 20$  mm přidán technologický přídavek 2 mm, který je zde z důvodu zabránění vytvoření okraje na pravém kraji plechu.

Poznámka: důvod odlišnosti rozměru  $C_1$  od rozměru  $C$  bude vysvětlen dále.



Obr. 27 - Výstřižek se všemi tolerancemi rozměrů pro vystřihování



Obr. 28 - Výstřižek se všemi tolerancemi rozměrů pro děrování

Tab. 5 - Přehled tolerancí a přípustných hodnot mír pro dané rozměry

Označení rozměru	Jmenovitý rozměr (mm)	Tolerance rozměru (mm)	P (mm)	TE (mm)	TA (mm)
A <sub>1</sub>	60	±0,3	0,46	0,19	0,12
B <sub>1</sub>	100	±0,3	0,46	0,19	0,12
C <sub>1</sub>	20	±0,2	0,31	0,12	0,074
C <sub>1S</sub>	22	±0,2	0,31	0,12	0,074
D <sub>1</sub>	40	±0,3	0,46	0,19	0,12
E <sub>1</sub>	4,5	+0,1	0,16	0,054	0,035
F <sub>1</sub>	18	±0,2	0,31	0,12	0,074
G <sub>1</sub>	12	±0,2	0,31	0,12	0,074
H <sub>1</sub>	5	±0,1	0,16	0,054	0,035
I <sub>1</sub>	10	±0,2	0,31	0,12	0,074
J <sub>1</sub>	76	±0,3	0,46	0,19	0,12
K <sub>1</sub>	25	±0,2	0,31	0,12	0,074
L <sub>1</sub>	43	±0,3	0,46	0,19	0,12
M <sub>1</sub>	33	±0,3	0,46	0,19	0,12

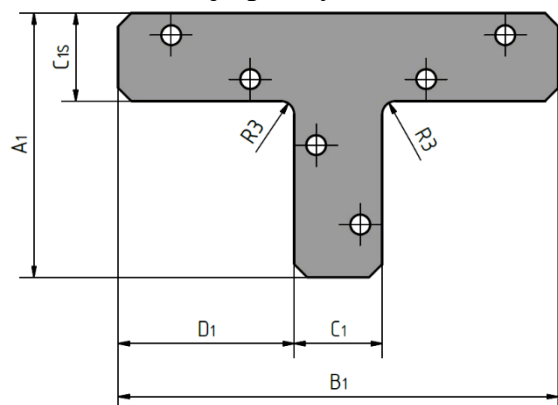
P – Přípustná míra opotřebení	[mm]
TE – Výrobní tolerance střížnice	[mm]
TA – Výrobní tolerance střížníku	[mm]

- Výpočet střížné vůle:**

Střížná vůle byla vypočítána podle vztahu (2.1)

$$v = 2 \cdot c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,01 \cdot 2 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{400} = 0,26 \text{ mm}$$

- Výpočet funkčních rozměrů nástrojů pro vystřihování:**



6 x SRAŽENÍ 3 x 45°

Obr. 29 - Označení jednotlivých rozměrů střížníku/střížnice pro vystřihování

Rozměr A<sub>1</sub>:

$$REV = \left( JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left( 60 - \frac{0,46}{2} \right) + 0,19 = 59,77^{+0,19}_0 \text{ mm} \quad (3.15)$$

$$RAV = \left( JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left( 60 - \frac{0,46}{2} - 0,26 + 0,12 \right) - 0,12 = 59,63^{+0}_{-0,12} \text{ mm} \quad (3.16)$$

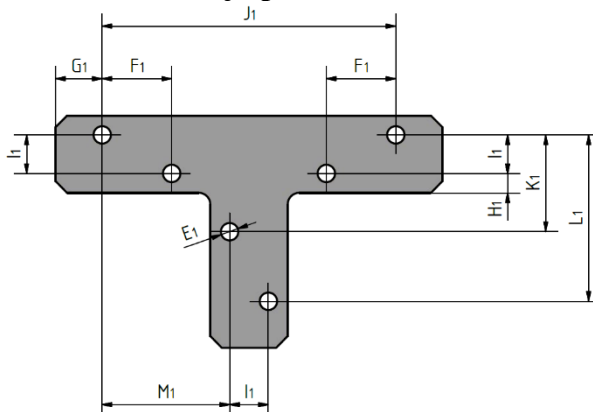
REV – rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
RAV - rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
RED - rozměr střížnice při děrování	[mm]
RAD -rozměr střížníku při děrování	[mm]
JR – jmenovitý rozměr	[mm]
P – přípustná míra opotřebení	[mm]
TE- výrobní tolerance střížnice	[mm]
TA – výrobní tolerance střížníku	[mm]
v – střížná vůle	[mm]

Výpočty ostatních rozměrů nástrojů pro vystřihování jsou uvedeny v příloze č. 11, přehled vypočtených rozměrů je uveden v tab. 6.

Tab. 6 - Přehled funkčních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování

Označení rozměru	REV – rozměr střížnice (mm)	RAV - rozměr střížníku (mm)
A <sub>1</sub>	$59,77^{+0,19}_0$	$59,63^{0}_{-0,12}$
B <sub>1</sub>	$99,77^{+0,19}_0$	$99,63^{0}_{-0,12}$
C <sub>1</sub>	$19,85^{+0,12}_0$	$19,66^{0}_{-0,07}$
C <sub>1s</sub>	$21,85^{+0,12}_0$	$21,66^{0}_{-0,07}$
D <sub>1</sub>	$40,23^{0}_{-0,19}$	$40,49^{+0,12}_0$

• Výpočet funkčních rozměrů nástrojů pro děrování:



Obr. 30 - Označení jednotlivých rozměrů střížníku/střížnice pro děrování

Rozměr E<sub>1</sub>:

$$RED = \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE = \left( 4,5 + \frac{0,16}{2} + 0,26 \right) + 0,054 = 4,84^{+0,05}_0 \text{ mm} \quad (3.17)$$

$$RAD = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left( 4,5 + \frac{0,16}{2} \right) - 0,035 = 4,58^{0}_{-0,04} \text{ mm} \quad (3.18)$$

Výpočty ostatních rozměrů nástrojů pro děrování jsou uvedeny v příloze č. 12, přehled vypočtených rozměrů je uveden v tab. 7.

Tab. 7 - Přehled funkčních rozměrů střížníku a střížnice při děrování

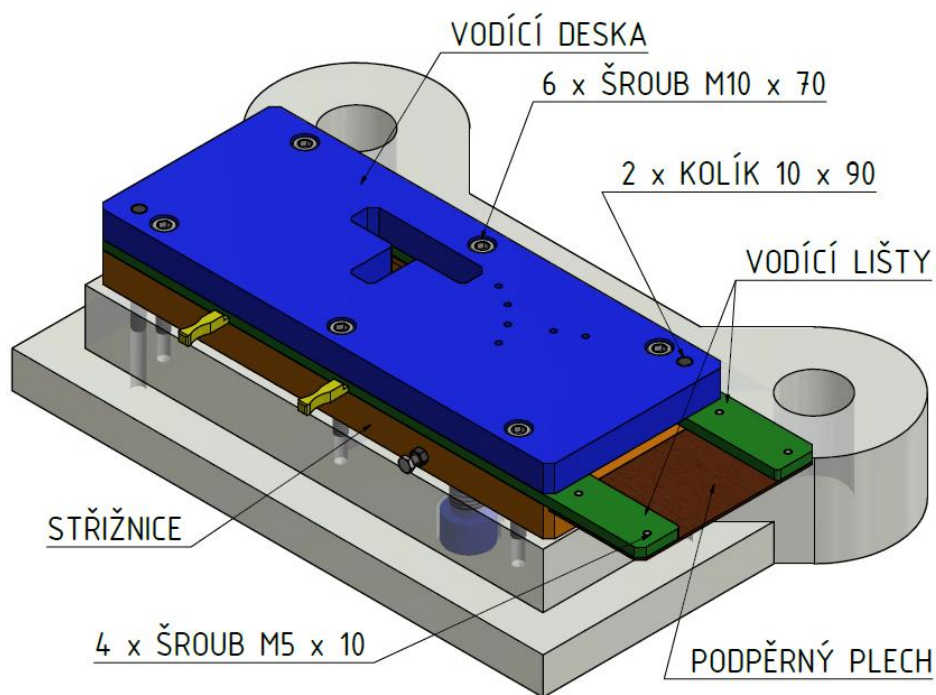
Označení rozměru	RED - rozměr střížnice (mm)	RAD -rozměr střížníku (mm)
E <sub>1</sub>	$4,84^{+0,05}_0$	$4,58^{0}_{-0,04}$
F <sub>1</sub>	$18 \pm 0,12$	$18 \pm 0,074$
G <sub>1</sub>	$12 \pm 0,12$	$12 \pm 0,07$
H <sub>1</sub>	$5 \pm 0,05$	$5 \pm 0,04$
I <sub>1</sub>	$10 \pm 0,12$	$10 \pm 0,074$
J <sub>1</sub>	$76 \pm 0,19$	$76 \pm 0,12$
K <sub>1</sub>	$25 \pm 0,12$	$25 \pm 0,074$
L <sub>1</sub>	$43 \pm 0,19$	$43 \pm 0,12$
M <sub>1</sub>	$33 \pm 0,19$	$33 \pm 0,12$

#### 4 NÁVRH SESTAVY STŘIŽNÉHO NÁSTROJE [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]

Pro stanovení rozměrů jednotlivých částí střížného nástroje bylo vycházeno z norem ČSN2260xx a ČSN2262xx. Nástroj lze sestavit kompletně z normalizovaných dílů nebo z navržených dílů. V této práci se střížný nástroj skládá jak z normalizovaných součástí tak součástí navrhovaných, u kterých byly použity prvky a doporučení z norem.

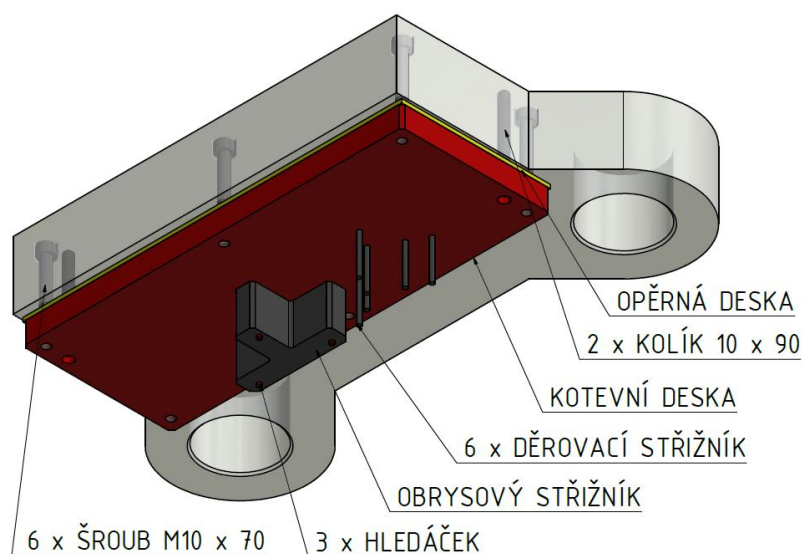
Hlavní funkční rozměry střížníku a střížnice byly určeny v předešlé kapitole, ostatní rozměry byly stanoveny s využitím uvedených norem.

Na základě šířky pásu plechu, délky kroku a počtu operací byla podle normy ČSN 22 6273.2 zvolena střížná skříň (obr. 31) o rozměrech 395 x 155 mm. Střížná skříň se skládá z vodící desky, vodících lišt a střížnice. Tyto komponenty jsou ke spodní desce vodícího stojánu připevněny 6 šrouby M10 x 70 ČSN 02 1143 a vymezeny 4 kolíky 10 x 90 ČSN 02 2152. Dále na straně, ze které se zavádí plech do nástroje, je použit podpěrný plech, který je k vodícím lištám připevněn pomocí 4 šroubů M5 x 10 ČSN 02 1131. S ohledem na zvolený způsob vystřihování (bez přepážky u okraje pásu plechu), toleranci šířky pásu plechu a vůli mezi lištami, byl funkční otvor ve střížnici rozšířen 2 mm pod vodící lištu. Rozšíření otvoru ve střížnici si vyžádalo také úpravu pravé vodící lišty a zvětšení otvoru ve vodící desce, viz obr. 34 (schéma s vysvětlením dorazů).



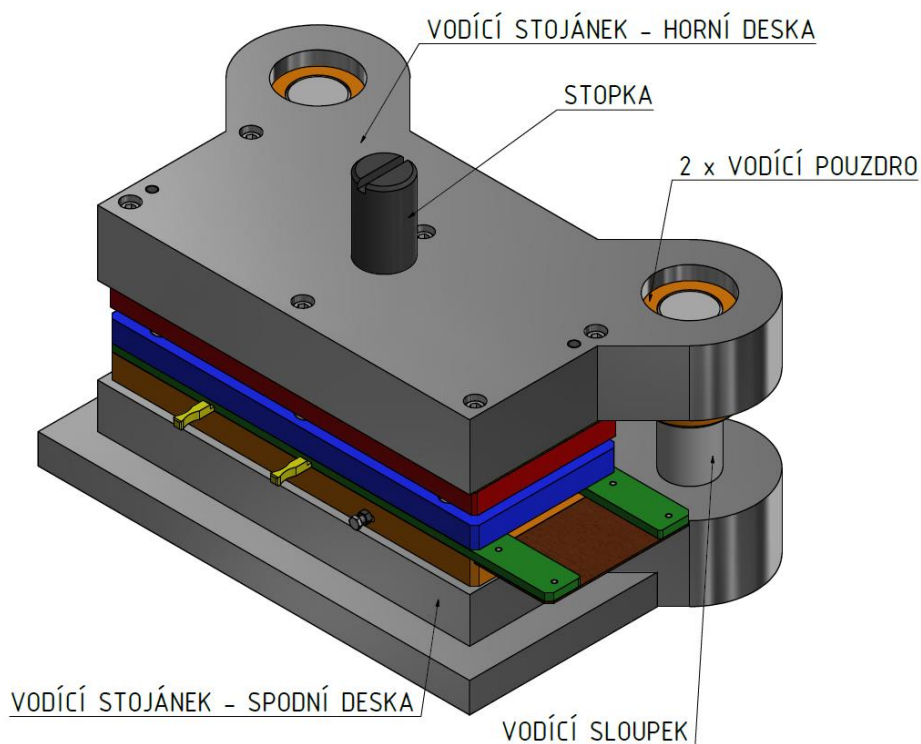
Obr. 31 - Schéma střížné skříně

Dle normy ČSN 22 6285 byla určena střížná hlavice o rozměrech 395 x 155. Střížná hlavice (obr. 32) se skládá ze střížníků, hledáček, sloužících k vystředění výstřížku při vystřihování obrysu, kotevní desky, ve které jsou upevněny střížníky a opěrné desky. Střížníky jsou vloženy do kotevní desky. Na kotevní desku se střížníky je přiložena opěrná deska sloužící k zabránění vytlačení střížníků z kotevní desky. Obě desky jsou pomocí šesti šroubů M10 x 70 ČSN 02 1143 připevněny k horní desce vodícího stojánu a ustaveny pomocí dvou kolíků 10 x 90 ČSN 02 2152.



Obr. 32 - Schéma střížné hlavice

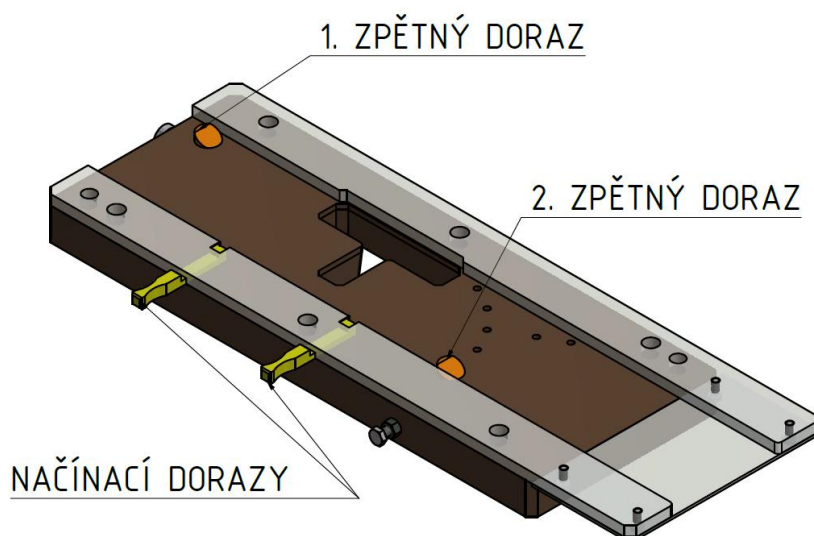
Pro zajištění přesného vedení horní pohyblivé části vůči spodní nepohyblivé části střížného nástroje bylo použito dle normy ČSN 22 6215.2 litého vodícího stojánek o rozměrech 400 x 200 mm. Vodící stojánek (obr. 33) se skládá z horní desky, ke které je upevněna střížná hlavice a dolní desky, ke které je připevněna střížná skříň. Pohyb horní desky je veden pomocí dvou vodících sloupků, které jsou umístěny ve vodících pouzdrech. Na horní desce se také nachází stopka sloužící k upnutí do beranu lisu. Stopka se nachází přesně v těžišti střížných sil a byla zvolena na základě normy ČSN 22 6262.2.



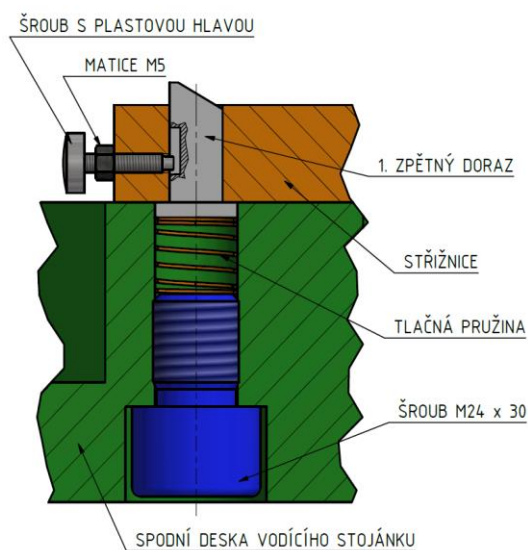
Obr. 33 - Schéma nástroje ve vodícím stojánu



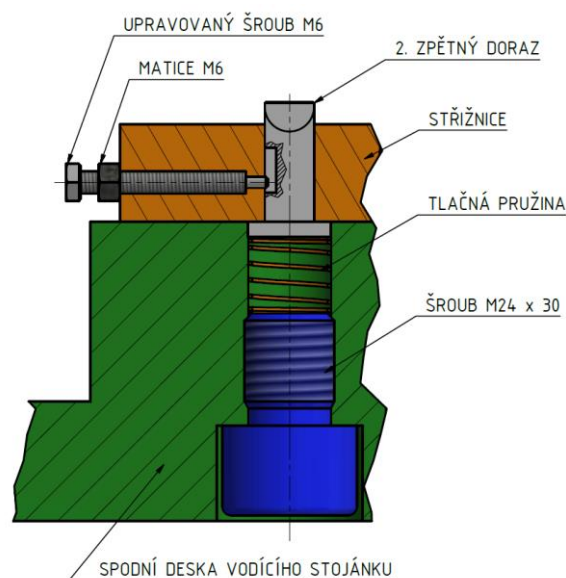
Pro ustavení pásu plechu bylo využito celkem dvou druhů dorazů (obr. 34). Pro první dva stříhy první řady výstřižků byly použity dva načínací dorazy 8 x 7,4 x 37,5, viz ČSN 22 6060.10. Oba dorazy jsou umístěny v levé vodící liště. Pro ustavování plechu při dalších krocích v první i druhé řadě byly použity dva zpětné dorazy 16 x 3 ČSN 22 6060.02, které jsou upevněny ve střížnici. Oba dorazy jsou odpružené a ze spodu spodní desky vodícího stojánu jsou proti vypadnutí zajištěny pomocí šroubů M24 x 30 (obr. 35 a obr. 36). Proti pootočení jsou oba zpětné dorazy zajištěny šrouby s nose. U prvního dorazu je to šroub s plastovou hlavou, u druhého dorazu je použit upravovaný šroub se šestihrannou hlavou. Při stříhání druhé řady se první zpětný doraz zatlačí do střížnice a zajistí proti zpětnému vysunutí tak, že se nos šroubu pevně dotáhne na dno drážky v dorazu.



Obr. 34 - Schéma druhů a umístění dorazů



Obr. 35- Schéma 1. zpětného dorazu



Obr. 36 - Schéma 2. zpětného dorazu



## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Důležitým kritériem při zavádění nového výrobního procesu je jeho ekonomičnost. Při hodnocení nákladů na výrobu tesařské spojky bude uvažováno s variabilními náklady na materiál, které jsou závislé na počtu vyráběných součástí. Při výpočtech je uvažováno, že firma, ve které bude výrobní proces probíhat, disponuje lisem S 160 E a nástrojárnou, kde se daný nástroj v žádaných tolerancích vyrobí.

Při určení nákladů na materiál, bylo vycházeno z polotovaru, kterým je plech o rozměrech 2 x 1000 x 2000 mm. Pro zadanou sérii 30 000 ks bude potřeba 74 tabulí plechu. Cena jedné tabule  $C_T$  je uvedena v příloze 2. Dále byla určena výkupní cena odpadu  $C_O = 4$  Kč/kg, podle ceníku firmy Kovošrot Suda s.r.o. uvedeného v příloze č. 13.

Počet tabulí potřebných pro celou sérii:

$$n_T = 74 \text{ tabulí}$$

Náklady na nákup tabulí pro celou sérii:

$$N_{CT} = n_T \cdot C_T = 74 \cdot 648,41 = 47\,982 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

Hmotnost jedné součásti:

$$m_S = S_S \cdot t \cdot \rho_{ocel} = 2596,29 \cdot 2 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,041 \text{ kg} \quad (5.2)$$

Hmotnost součástí pro celou sérii:

$$m_{CS} = m_S \cdot N = 0,041 \cdot 30\,000 = 1230 \text{ kg} \quad (5.3)$$

Hmotnost jedné tabule:

$$m_T = 31,4 \text{ kg}$$

Hmotnost tabulí pro celou sérii:

$$m_{CT} = m_T \cdot n_T = 31,4 \cdot 74 = 2\,323,6 \text{ kg} \quad (5.4)$$

Hmotnost odpadu pro celou sérii:

$$m_{CO} = m_{CT} - m_{CS} = 2\,323,6 - 1230 = 1\,093,6 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Cena odpadu:

$$N_O = m_{CO} \cdot C_O = 1\,093,6 \cdot 4 = 4\,374,4 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

Celkové náklady na materiál pro danou sérii:

$$N_{CM} = N_{CT} - N_O = 47\,982 - 4\,374 = 43\,608 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

Náklady na materiál jednoho výstřižku:

$$N_{MS} = \frac{N_{CM}}{N} = \frac{43\,608}{30\,000} = 1,45 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

Dále byly určeny náklady na mzdu obsluhy lisu, kde hodinová sazba činí 120 Kč. Doba pracovní směny je  $t_{sm} = 7,5$  hodiny. Na zahájení a ukončení výroby je vyhrazeno  $t_{zu} = 0,5$  hodiny pro jednu směnu. Cena energií byla stanovena z příkonu daného lisu  $P_{lis} = 15$  kW a z ceny energie, která byla zvolena 5 Kč/kWh. Počet zdvihů beranu byl zvolen  $n_z = 15 \text{ min}^{-1}$ . Na základě cen podobných nástrojů byla stanovena cena nástroje  $N_n = 200\,000$  Kč.

Počet součástí vyrobených za 1 hodinu:

$$n_{sh} = n_z \cdot 60 = 15 \cdot 60 = 900 \text{ ks} \quad (5.9)$$

Počet součástí vyrobených za jednu směnu:

$$n_{ss} = n_{sh} \cdot (t_{sm} - t_{zu}) = 900 (7,5 - 0,5) = 6300 \text{ ks} \quad (5.10)$$

Počet směn pro celou sérii:

$$n_s = \frac{N}{n_{ss}} = \frac{30\,000}{6300} = 4,76 \rightarrow 5 \quad (5.11)$$

Na výrobu celé série 30 000 ks bude potřeba 5 směn.

Náklady na mzdu obsluhy lisu navýšené o sociální a zdravotní pojištění (34 %):

$$N_{obs} = t_v \cdot C_{obs} = 40 \cdot 120 \cdot 1,34 = 6\,432 \text{ Kč} \quad (5.12)$$

Náklady na mzdy včetně režii:

Výrobní režie byli zvoleny  $R_v = 300\%$ , správní režie  $R_s = 120\%$ .

$$N_{cmr} = N_{obs} \cdot (R_v + R_s) = 6\,432 \cdot (3 + 1,2) = 27\,014,4 \text{ Kč} \quad (5.13)$$

Náklady na energii lisu:

$$N_{EN} = P_{lis} \cdot C_{EN} \cdot t_v = 15 \cdot 5 \cdot 40 = 3\,000 \text{ Kč} \quad (5.14)$$

Náklady na výrobu jednoho výstřížku:

$$N_v = \frac{N_{CM} + N_{cmr} + N_{EN} + N_n}{N} = \frac{43\,608 + 27\,014,4 + 3\,000 + 200\,000}{30\,000} = 9,12 \text{ Kč} \quad (5.15)$$

Cena výstříku s uvažovaným ziskem 35 %:

$$C_v = N_v \cdot 1,35 = 9,12 \cdot 1,35 = 12,31 \text{ Kč} \quad (5.16)$$

Fixní náklady:

$$N_{fix} = N_n + N_{CMR} - N_o = 200\,000 + 27\,014,4 - 4\,374,4 = 222\,640 \text{ Kč} \quad (5.17)$$

Variabilní náklady:

$$N_{var} = N_{MS} + \frac{N_{obs}}{N} = 1,45 + \frac{6\,432}{30\,000} = 1,66 \text{ Kč} \quad (5.18)$$

Určení bodu zvratu:

$$Z = \frac{N_{fix}}{C_v - N_{var}} = \frac{222\,640}{12,31 - 1,66} = 20\,906 \text{ ks} \quad (5.19)$$

V ekonomickém zhodnocení byly spočítány všechny náklady na materiál a pro výrobu jedné součásti. Byla určena cena součásti s uvažovaným ziskem 35 %. Na základě těchto údajů byl stanoven bod zvratu, který nastane při 20 906 ks. Při uvažované výrobě 30 000 ks za rok bude od tohoto počtu vyrobených kusů výroba výdělečná.

## 6 ZÁVĚRY

Bakalářská práce pojednává o technologickém řešení výroby zadané tesařské spojky, která slouží ke spojování dřevěných konstrukcí, výrobní série činí 30 000 ks/rok. Vzhledem k tomu, že součást může být vystavena povětrnostním vlivům, bude vyráběna z pozinkovaného plechu DX51D+Z200-M-A-C. Polotvar pro výrobu byla zvolena tabule plechu o tloušťce 2 mm a rozměrech 1000x2000 mm, která bude rozstříhána na jednotlivé pásy.

Vzhledem k sériovosti výroby, tvaru a rozměrům součásti byla jako nejvhodnější technologie zvolena metoda postupového stříhání v postupovém nástroji. Tesařská spojka má tvar písmene „T“ a obsahuje 6 otvorů pro šrouby, na základě toho bude součást vystřižena na dva kroky, přičemž v prvním kroku budou zhotoveny otvory, ve druhém kroku bude vystřižen obrys. Následně bylo spočítáno několik variant rozmístění výstřižků na plech, kdy při nejvýhodnější variantě bude potřeba na celou sérii 74 tabulí plechu. Na základě zvoleného nástřihové plánu byl pak určen postup vystřihování.

Dále byly provedeny nezbytné technologické výpočty. Nejprve byla určena střižná síla a minimální síla lisu. Na základě minimální síly lisu byl pak pro výrobu zvolen výstředníkový lis S 160 E od společnosti Šmeral Brno a.s. Bylo také vypočítáno těžiště střižných sil, v němž bude umístěna stopka nástroje. Dle normy ČSN 22 6015 byly vypočteny funkční rozměry střižníků a střižnice.

Na základě norem ČSN2260xx a ČSN2262xx byla navržena sestava střižného nástroje skládající se z nepohyblivé střižné skříně a pohyblivé střižné hlavice. Pro spolehlivé vedení střižné hlavice vůči střižné skříni je užito litého vodícího stojánu.

Na základě technicko-ekonomického zhodnocení byla stanovena výrobní cena jednoho výstřižku 9,50 Kč. Současně byl určen bod zvratu, který nastane po vyrobení 20 673 kusů a po jehož překročení začne být výrobní série zisková.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [33]

1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
3. Díly do automobilových sedaček. *Rosta* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.rostra.cz/reference/plechove-vylisky/>
4. Progressive Cutting and Forming Mold. *Tekno Kalip* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.teknokalip.com.tr/en/production/progressive-cutting-and-forming-mold/>
5. Lisování plechových výlisků. *Tryon* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.tryon.cz/lisovani-plechovych-vylisku/>
6. Pozinkované plechy, svitky. *Metalmat* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://metalmat.sk/gb/content/9-pozinkovane-pasy-plechy-zvitky>
7. Spojka typu "T". *Wintech* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.wintech.cz/cs/wintech-woodwork/katalog/spojovaci-desky-330/spojka-typu-t-kt-140-140x110x30x2-52136>
8. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
9. MARCINIAK, Z, J.L DUNCAN a S.J HU. *Mechanics of sheet metal forming*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002, xx, 211 s. ISBN 0-7506-5300-0.
10. BAREŠ, Karel. *Lisování: Určeno [také] stud. na stř. a vyš. odb. školách*. Praha: SNTL, 1971, 542 s.
11. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. New York: Cambridge University Press, 2011, xii, 331 s. ISBN 978-1-107-00452-8.
12. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
13. HOLČÁK, Marek. *Vývoj postupového střížného nástroje*. Zlín, 2008, 85 s. CD. Bakalářská práce., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.
14. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
15. LENFELD, Petr. *Technologie II* [online]. Internetová podpora výuky technologie tváření kovů a plastů. Technická univerzita v Liberci. Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření kovů a plastů. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)

16. HAMÁČEK, Petr. *Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009.
17. Lisovací nástroje. *Kova Engineering* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.kovaengineering.cz/sluzby/>
18. ŠINDELKA, Marek. *Stroje a nástroje pro přesné stříhání*. 2016. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2016, 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
19. Výstředníkové lisy. *Šmeral* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: [http://www.smeral.cz/vystrednikove\\_lisy.html](http://www.smeral.cz/vystrednikove_lisy.html)
20. ČSN ISO 2768-1 (014240) A. *Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů*. Praha: Český normalizační institut, 1992. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
21. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřely: Směrnice pro výpočet konstrukcí*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1977, 28 s. N 16 198.
22. ČSN 22 6002. *Nástroje pro plošné stříhání: Všeobecné bezpečnostní požadavky*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1987, 17 s.
23. ČSN 22 6208. *Přirazení střížných hlavic ke střížným skříním*. Praha: Český normalizační institut, 1970, 4 s.
24. ČSN 22 6285. *Hlavice pravoúhlé k vodícím stojánkům*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1969, 4 s. N 12381.
25. ČSN 22 6273. *Střížné skříně: zesílené provedení*. Praha: Český normalizační institut, 1969, 4 s.
26. ČSN 22 6215. *Vodící lité stojánky: s pracovní plochou obdélníkovou se sloupky za pracovní plochou*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1969, 3 s.
27. ČSN 22 6060. *Dorazy*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1976, 31 s.
28. ČSN 22 6264. *Stopky*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1975, 12 s.
29. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
30. Ocelové plechy a pásy válcované za tepla. *Alfun* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/ocel>
31. Plech pozinkovaný v tavenině. *Ferona* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25016/plech-pozinkovany-v-tavenine-en-10143-rozmer-2x1000x2000>
32. Výkupní ceny surovin. *Suda* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.kovosrot-suda.cz/cenik>
33. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Střížná práce	[J]
A <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
B	Šířka tabule plechu	[mm]
b	Šířka pásu plechu	[mm]
B <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
c	Koeficient závislý na požadavcích stříhání	[-]
C <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
C <sub>v</sub>	Cena výstřiku s uvažovaných ziskem	[Kč]
C <sub>1S</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
C <sub>o</sub>	Výkupní cena odpadu	[Kč]
C <sub>T</sub>	Cena jedné tabule plechu	[Kč]
d	Průměr děrovaného otvoru	[mm]
D <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
e	Šířka můstku mezi výstřižky	[mm]
E <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
F <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
F <sub>lisu</sub>	Minimální síla lisu	[N]
F <sub>S</sub>	Střížná síla	[N]
F <sub>S1</sub>	Střížná síla pro děrování	[N]
F <sub>S2</sub>	Střížná síla pro vystřihování	[N]
F <sub>c</sub>	Celková střížná síla	[N]
F <sub>t</sub>	Stírací síla	[N]
F <sub>v</sub>	Protlačovací síla	[N]
G <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
h <sub>S1</sub>	Hloubka vniku střížníku do materiálu	[mm]
H <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
I <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
J <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
JR	Jmenovitý rozměr	[mm]
k	Délka kroku při stříhu	[mm]
K <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
k <sub>eu</sub>	Koeficient stírání	[-]
K <sub>m</sub>	Využití materiálu jedné tabule	[%]
k <sub>1</sub>	Koeficient protlačování	[-]
l	Délka stříhu (obvod všech stříhaných součástí)	[mm]
L	Délka tabule plechu	[mm]
L <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
l <sub>1</sub>	Délka od okraje plechu k výstřižku ve druhé řadě	[mm]
m	Střížná mezera	[mm]
M <sub>1</sub>	Označení rozměru na výstřižku	[mm]
m <sub>co</sub>	Hmotnost odpadu pro celou sérii	[kg]
m <sub>cs</sub>	Hmotnost součástí pro celou sérii	[kg]
m <sub>CT</sub>	Hmotnost tabulí pro celou sérii	[kg]
m <sub>s</sub>	Hmotnost jedné součásti	[kg]
n	Počet výstřižků z tabule	[-]

N	Velikost výrobní série	[ks/rok]
n <sub>1</sub>	Počet výstřížků z první řady pásu plechu	[-]
n <sub>2</sub>	Počet výstřížků z druhé řady pásu plechu	[-]
N <sub>cmr</sub>	Náklady na mzdy včetně režii	[Kč]
N <sub>CT</sub>	Náklady na nákup tabulí pro celou sérii	[Kč]
N <sub>EN</sub>	Náklady na energii lisu	[Kč]
N <sub>fix</sub>	Fixní náklady	[Kč]
N <sub>MS</sub>	Náklady na materiál jednoho výstřížku	[Kč]
N <sub>n</sub>	Cena nástroje	[Kč]
N <sub>o</sub>	Cena odpadu	[Kč]
N <sub>obs</sub>	Náklady na mzdu obsluhy lisu	[Kč]
n <sub>op</sub>	Koeficient zahrnující opotřebení nástroje	[-]
n <sub>p</sub>	Počet pásů z tabule plechu	[-]
n <sub>s</sub>	Počet směn pro celou sérii	[-]
n <sub>Sh</sub>	Počet vyrobených součástí za jednu hodinu	[-]
n <sub>Ss</sub>	Počet vyrobených součástí za jednu směnu	[-]
n <sub>T</sub>	Počet tabulí potřebných pro celou sérii	[-]
N <sub>v</sub>	Náklady na výrobu jednoho výstřížku	[Kč]
N <sub>var</sub>	Variabilní náklady	[Kč]
N <sub>CM</sub>	Celkové náklady na materiál pro danou sérii	[Kč]
n <sub>z</sub>	Počet zdvihů beranu lisu	min <sup>-1</sup>
o <sub>s1</sub>	Délka stříhu pro děrování	[mm]
o <sub>s2</sub>	Délka stříhu pro vystřihování	[mm]
o <sub>1</sub>	Obvod daného stříhaného obrysu	[mm]
o <sub>2</sub>	Obvod daného stříhaného obrysu	[mm]
o <sub>3</sub>	Obvod daného stříhaného obrysu	[mm]
P	Přípustná míra opotřebení	[mm]
P <sub>lis</sub>	Příkon lisu	[kW]
RAD	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
RAV	Rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
RED	Rozměr střížnice při děrování	[mm]
REV	Rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	[MPa]
RS	Správné režie	[%]
RV	Výrobní režie	[%]
S	Plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>C</sub>	Plocha výstřížků z jedné tabule	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>P</sub>	Plocha tabule	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>V</sub>	Plocha výstřížku	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>s</sub>	plocha výstřížku (s otvory)	[mm <sup>2</sup> ]
t	Tloušťka materiálu	[mm]
T	Poloha těžiště	[mm]
TA	Výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	Výrobní tolerance střížnice	[mm]
t <sub>sm</sub>	Délka pracovní směny	[h]
t <sub>v</sub>	Výrobní čas celé série	[h]
t <sub>zu</sub>	Čas na zahájení a ukončení směny	[h]
v	Střížná vůle	[mm]

$x_1$	Poloha těžiště v ose x daného stříhaného obrysu	[mm]
$x_2$	Poloha těžiště v ose x daného stříhaného obrysu	[mm]
$x_3$	Poloha těžiště v ose x daného stříhaného obrysu	[mm]
$x_T$	Poloha těžiště střížných sil s v ose x	[mm]
$y_1$	Poloha těžiště v ose y daného stříhaného obrysu	[mm]
$y_2$	Poloha těžiště v ose y daného stříhaného obrysu	[mm]
$y_3$	Poloha těžiště v ose y daného stříhaného obrysu	[mm]
$y_T$	Poloha těžiště střížných sil s v ose y	[mm]
$Z$	Bod zvratu	[Ks]
$\rho_{ocel}$	Hustota oceli	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_E$	Mez pružnosti	[MPa]
$\sigma_K$	Mez kluzu	[MPa]
$\tau_S$	Mez pevnosti ve stříhu (střížný odpor)	[MPa]



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Příklady výlisků [3] .....	9
Obr. 2 - Postupový střížný nástroj [4] .....	9
Obr. 3 - Příklady výlisků 2 [5] .....	9
Obr. 4 - Svitek plechu [6] .....	9
Obr. 5 - Příklad tesařské spojky [7] .....	10
Obr. 6 - Spojení trámů pomocí tesařské spojky .....	10
Obr. 7 - Pásma na střížné ploše [12] .....	11
Obr. 8 - Střížná vůle [15] .....	13
Obr. 9 - Vliv střížné vůle na šíření trhlin [1] .....	13
Obr. 10 - Průběh střížné síly [1] .....	14
Obr. 11 - Součinitel plnosti v závislosti na tloušťce materiálu [1] .....	14
Obr. 12 - Popis postupového střížného nástroje [16] .....	16
Obr. 13 - Příklad postupového stříž. nás. s výstřížkem zhotoveným na dva kroky [16] .....	17
Obr. 14 - Příklad postupového střížného nástroje [17] .....	17
Obr. 15 - Metoda vystřihování s tlačnou hranou [18] .....	17
Obr. 16 - Možnosti rozdělení tabule na pásy plechu .....	18
Obr. 17 - Jednořadé uspořádání výstřížků na plech (uspořádání na „délku“) .....	19
Obr. 18 - Jednořadé uspořádání výstřížků na plech (uspořádání „šířku“) .....	19
Obr. 19 - Dvouřadé uspořádání výstřížků na plech .....	20
Obr. 20 - Postup vystřihování - 1.krok .....	22
Obr. 21 - Postup vystřihování - 2. krok .....	22
Obr. 22 - Postup vystřihování - 3. a ostatní kroky v první řadě výstřížků .....	23
Obr. 23 - Postup vystřihování - 2. řada výstřížků .....	23
Obr. 24 - Délky stříhu jednotlivých operací .....	24
Obr. 25 - Poloha těžišť stříhaných obrysů .....	25
Obr. 26 - Výstředníkový lis S 150 E [19] .....	26
Obr. 27 - Výstřížek se všemi tolerancemi rozměrů pro děrování .....	27
Obr. 28 - Výstřížek se všemi tolerancemi rozměrů pro vystřihování .....	27
Obr. 29 - Označení jednotlivých rozměrů střížníku/střížnice pro vystřihování .....	28
Obr. 30 - Označení jednotlivých rozměrů střížníku/střížnice pro děrování .....	29
Obr. 31 - Schéma střížné skříně .....	30
Obr. 32 - Schéma střížné hlavice .....	31
Obr. 33 - Schéma nástroje ve vodícím stojánku .....	31
Obr. 34 - Schéma druhů a umístění dorazů .....	32
Obr. 35 - Schéma 1. zpětného dorazu .....	32
Obr. 36 - Schéma 2. zpětného dorazu .....	32

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Střížné odpory vybraných materiálů [13] .....	12
Tab. 2 - Přehled vypočtených hodnot pro rozmístění výstřížků na plech .....	21
Tab. 3 - Přehled obvodů a poloh těžišť zadané součásti .....	25
Tab. 4 - Technické parametry lisu S 160 E [19] .....	26
Tab. 5 - Přehled tolerancí a přípustných hodnot mír pro dané rozměry .....	27
Tab. 6 - Přehled funkčních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování .....	29
Tab. 7 - Přehled funkčních rozměrů střížníku a střížnice při děrování .....	29

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Mechanické vlastnosti vybraných materiálů [30]
- Příloha č. 2 Katalogový list vybraného plechu [31]
- Příloha č. 3 Směrnice pro stanovení šířky odpadu
- Příloha č. 4 Výpočty ostatních variant rozmístění výstřižků na plech
- Příloha č. 5 Opravný koeficient vnějších vlivů při stříhání [26]
- Příloha č. 6 Koeficient k závislý na druhu a tloušťce materiálu [26]
- Příloha č. 7 Všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů [20]
- Příloha č. 8 Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [26]
- Příloha č. 9 Vztahy pro výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování [26]
- Příloha č. 10 Vztahy pro výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice při děrování [26]
- Příloha č. 11 Výpočty ostatních funkčních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování
- Příloha č. 12 Výpočty ostatních funkčních rozměrů střížníku a střížnice při děrování
- Příloha č. 13 Ceník výkupu ocelového odpadu [32]

## SEZNAM VÝKRESŮ

Střížný nástroj	BP_01_191429
Střížnice	BP_01.1_191429
Obrysový střížník	BP_01.2_191429
Tesařská spojka	BP_00_191429

Příloha č. 1 Mechanické vlastnosti vybraných materiálů [30]

Značka oceli dle EN 10346	Mechanické vlastnosti		
	Smluvní mez kluzu - Rp0,2 min./ max. MPa	Mez pevnosti - Rm min./ max. MPa	Tažnost - A80 min. %
DX51D+Z	-	270 - 500	22
DX52D+Z	140 - 300	270 - 420	26
DX53D+Z	140 - 260	270 - 380	30

Příloha č. 2 Katalogový list vybraného plechu [31]

// **rozměr 2x1000x2000**

Norma:	ČSN EN 10143
Tloušťka	2 mm
Šířka	1000 mm
Délka	2000 mm
Mezní úchylka šířky	+5 mm 0 mm
Mezní úchylka tloušťky	±0,14 mm
Mezní úchylka rovinnosti	10 mm
Mezní úchylka délky	+0,3 % délky 0 mm
Tolerance přímosti q	max. 5 mm na délce 2 m
Jakost povrchu	povrch obvyklé jakosti (A)
Označení povlaku	+Z
Použití	k ohýbání a tvarování
Provedení povlaku	malý zinkový květ (M)
Číslo položky	<a href="#">280153Z</a>
Značka oceli / materiál	<b>DX51D+Z200-M-A-C (1.0917) dle EN 10346</b>
TDP	<b>ČSN EN 10346</b>
Minimální hmotnost povlaku oboustranně (tři vzorky)	200 g/m <sup>2</sup>
Minimální hmotnost povlaku oboustranně (jednotlivý vzorek)	170 g/m <sup>2</sup>
Cena bez DPH	<b>20,65 Kč / kg</b> <b>648,41 Kč / ks</b>
Minimální množství	31,40 kg / 1 ks

[Dotaz k produktu](#)

Množství:

74

☐ kg  
☒ ks

 [Spočítat cenu](#)

Příloha č. 3 Směrnice pro stanovení šířky odpadu

415 - 06 - 205	SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU	415 - 06 - 205
② NÁŘ KON-KL		

Obracení pásu

Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15+50		50+100		100+200		200+300		300+400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
C, 1+0,4	1,8	1,5	2,8	1,8	3,5	2,2	5	3,1				
0,4+0,9	1,8	1,5	2,8	1,8	3,8	2,2	5,2	3,1				
1	2	1,6	3	2	4	2,5	5,5	3,7	7,3	4,8	9	6
1,3	2,2	1,7	3,2	2,5	4,2	3,1	5,8	4,3	7,5	5,7	9,6	7
1,5	2,2	1,8	3,2	2,7	4,2	3,5	5,8	4,5	7,8	6	9,8	7,2
1,8	2,2	2,2	3,2	2,8	4,2	3,5	5,8	4,7	7,8	6,2	9,8	7,4
2	2,5	2,5	3,5	3,1	4,5	3,7	6	5	8	6,3	10	7,5
2,2	2,5	2,7	3,5	3,2	4,5	4	6	5,2	8	6,4	10	7,5
2,5	2,8	3,1	3,8	3,7	4,8	4,1	6,2	5,2	8,2	6,5	10,2	7,6
2,8	2,8	3,5	3,8	3,7	4,8	4,2	6,2	5,3	8,5	6,5	10,5	7,6
3	3	3,7	4	4	5	4,5	6,8	5,5	9	6,7	11	7,8
3,5			4,2	4,3	5,2	5	7	6	9	7,2	11,2	8,4
4			4,5	4,5	5,5	5,7	7,2	6,5	9,2	7,8	11,3	9,3
4,5			4,8	4,8	5,8	5,7	7,5	6,8	9,8	8,3	12	9,8
5			5	5	6	6	8	7	10	8,5	12,3	10

Rozměry uvedené v tabulce platí pro kovy.  
Pro hmoty měkké (chrom, kůže, textil, azbest)  
použít dvojnásobné hodnoty e; f.

Kreslil Kučel	Přezkoušel ky Pávek	Schválil Štef	Platí od 1.4.1981
------------------	------------------------	------------------	----------------------

415 - 06 - 205	SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU	415 - 06 - 205
② NÁŘ KON-KL		

Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15+50		50+100		100+200		200+300		300+400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
C, 1+0,9	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,5	3,1				
1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3,7	4	4,8	4,8	6
1,3	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5
1,5	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8
1,8	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	3,5	4,3	4,7	5,6	5,8	7
2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4	5	6	6	7	
2,2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2
2,5	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2
2,8	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3
3	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	4,5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5
3,5			3,5	4,3	4	5	5	6	6	7	7	8,5
4			3,8	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3
4,5			4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8
5			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10

Tloušťka mat.	do 1	1,1+1,3	1,4+1,5	1,6+1,8	1,9+2
g	1,5	1,8	2	2,2	2,5

Rozměry uvedené v tabulkách platí pro kovy.  
Pro hmoty měkké (chrom, kůže, textil, azbest) použít  
dvojnásobné hodnoty e; f. Rozměr g zvětšit 1,5 krát.

Kreslil Kučel	Přezkoušel ky Pávek	Schválil Štef	Platí od 1.4.1981
------------------	------------------------	------------------	----------------------

NÁŘ  
KON-KL

SMĚRNICE PRO STANOVENÍ

ŠÍŘKY ODPADU

415 - 06 - 205

Obracení pásu

Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15+20		50+100		100+200		200+300		300+400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
C, 1+0,4	1,8	1,5	2,8	1,8	3,5	2,2	5	3,1				
0,4+0,9	1,8	1,5	2,8	1,8	3,8	2,2	5,2	3,1				
1	2	1,6	3	2	4	2,5	5,5	3,7	7,3	4,8	9	6
1,3	2,2	1,7	3,2	2,5	4,2	3,1	5,8	4,3	7,5	5,7	9,6	7
1,5	2,2	1,8	3,2	2,7	4,2	3,2	5,8	4,5	7,8	6	9,8	7,2
1,8	2,2	2,2	3,2	2,8	4,2	3,5	5,8	4,7	7,8	6,2	9,8	7,4
2	2,5	2,5	3,5	3,1	4,5	3,7	6	5	8	6,3	10	7,5
2,2	2,5	2,7	3,5	3,2	4,5	4	6	5,2	8	6,4	10	7,5
2,5	2,8	3,1	3,8	3,5	4,8	4,1	6,2	5,25	8,2	6,5	10,2	7,6
2,8	2,8	3,5	3,8	3,7	4,8	4,2	6,2	5,3	8,5	6,5	10,5	7,6
3	3	3,7	4	4	5	4,5	6,8	5,5	9	6,7	11	7,8
3,5			4,2	4,3	5,2	5	7	6	9	7,2	11,2	8,4
4			4,5	4,5	5,5	5,5	7,2	6,5	9,2	7,8	11,3	9,3
4,5			4,8	4,8	5,8	5,7	7,5	6,8	9,8	8,3	12	9,8
5			5	5	6	6	8	7	10	8,5	12,3	10

Rozměry uvedené v tabulce platí pro kovy.  
Pro hmoty měkké (chrom, kůže, textil, azbest)  
použít dvojnásobné hodnoty e; f.

Kreslil

Přezkoušel

Schválil

Platí od:  
14.1981

Příloha č. 4 Výpočty ostatních variant rozmístění výstřížků na plech

- **1. Varianta, tabule rozdělena na délku – Uspořádání jednořadé „na délku“**

$$b = 60 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{B}{b} = \frac{1000}{60} = 16,67 \rightarrow 16 \text{ pásů}$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{L - e}{k} = \frac{2000 - 3}{103} = 19,39 \rightarrow 19 \text{ ks}$$

Počet výstřížků z tabule:

$$n = n_1 \cdot n_p = 19 \cdot 16 = 304 \text{ ks}$$

- **2. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání jednořadé „na délku“**

$$b = 60 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{L}{b} = \frac{2000}{60} = 33,33 \rightarrow 33 \text{ pásů}$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{B - e}{k} = \frac{1000 - 3}{103} = 9,68 \rightarrow 9 \text{ ks}$$

Počet výstřížků z tabule

$$n = n_1 \cdot n_p = 9 \cdot 33 = 297 \text{ ks}$$

- **3. Varianta, tabule rozdělena na délku – Uspořádání jednořadé „na výšku“**

$$b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{B}{b} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ pásů}$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{L - e}{k} = \frac{2000 - 3}{63} = 31,7 \rightarrow 31 \text{ ks}$$

Počet výstřížků z tabule:

$$n = n_1 \cdot n_p = 31 \cdot 10 = 310 \text{ ks}$$

- **4. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání jednořadé „na výšku“**

$$b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{L}{b} = \frac{2000}{100} = 20 \text{ pásů}$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{B - e}{k} = \frac{1000 - 3}{63} = 15,83 \rightarrow 15 ks$$

Počet výstřížků z tabule:

$$n = n_1 \cdot n_p = 15 \cdot 20 = 300 ks$$

- **6. Varianta, tabule rozdělena na šířku – Uspořádání dvouřadé**

$$b = 100 \text{ mm} \rightarrow e = 3 \text{ mm}$$

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_p = \frac{L}{b} = \frac{2000}{84,5} = 23,67 \rightarrow 23 \text{ pásů}$$

Počet výstřížků z pásu:

$$n_1 = \frac{B - e}{k} = \frac{1000 - 4,5}{104,5} = 9,53 \rightarrow 9 ks$$

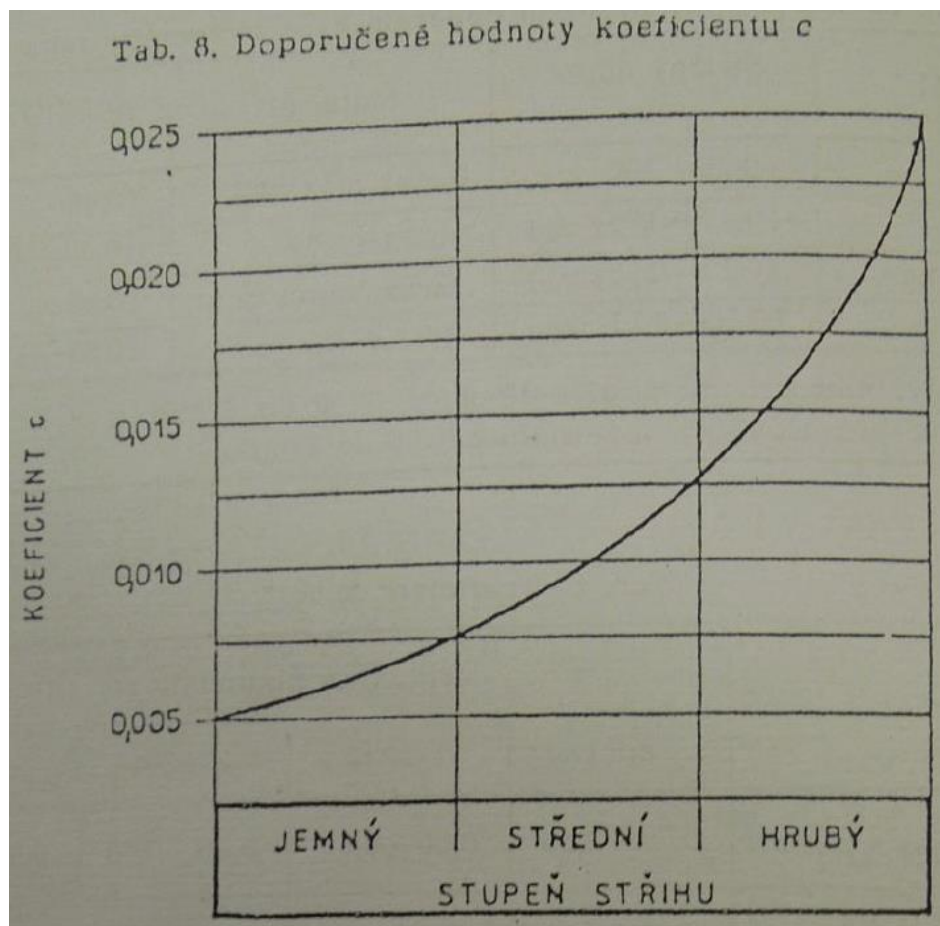
$$n_2 = \frac{B - e - l_1}{k} = \frac{1000 - 4,5 - 55,25}{104,5} = 8,998 \rightarrow 8 ks$$

Počet výstřížků z tabule:

$$n = (n_1 + n_2) \cdot n_p = (9 + 8) \cdot 23 = 391 ks$$



Příloha č. 5 Opravný koeficient vnějších vlivů při stříhání [26]



Příloha č. 6 Koeficient  $k_m$  závislý na druhu a tloušťce materiálu [26]

Tab. 6. Koeficient  $k$

Materiál	Tloušťka materiálu $t$			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Ocel měkká $k_s = 250-350 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,70—0,65	0,65—0,60	0,60—0,50	0,45—0,35
Ocel středně tvrdá $k_s = 350-500 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,60—0,55	0,55—0,50	0,50—0,42	0,40—0,30
Ocel tvrdá $k_s = 500-700 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,45—0,42	0,42—0,38	0,38—0,33	0,30—0,20
Hliník, měď (žíhané)	0,75—0,70	0,70—0,65	0,65—0,55	0,50—0,40

Příloha č. 7 Všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů [20]

**Variace na rozměry bez tolerance hodnoty jsou podle "DIN ISO 2768-MK".**

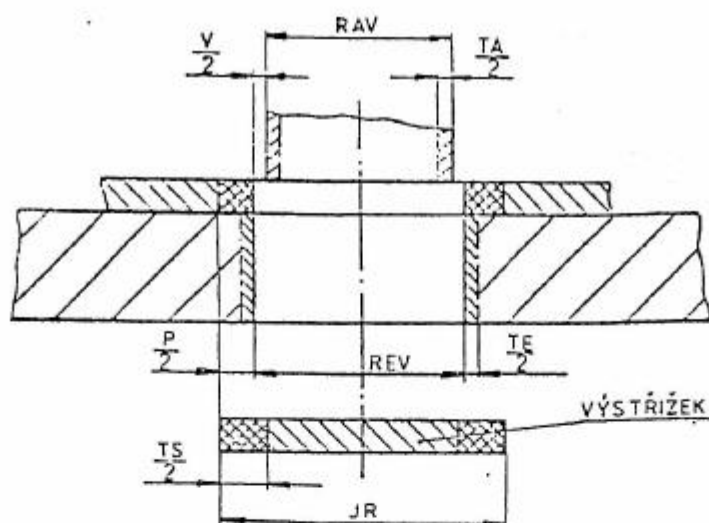
**Všeobecné tolerance délkových a úhlových ROZMĚRY (DIN ISO 2768 T1)**  
Lineárních rozměrů:

Připustné odchylky v mm se pohybuje v jmenovité délky	F (fine)	Toleranční třída určení (popis)		V (velmi hrubý)
		M (medium)	c (hrubá)	
0,5 až 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	-
po dobu 3 až 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
více než 6 až 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
více než 30 až 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 1,5$
více než 120 až 400	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 2,5$
více než 400 až 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$
přes 1000 do 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 3,0$	$\pm 6,0$
přes 2000 do 4000	-	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	$\pm 8,0$

Příloha č. 8 Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [26]

Rozměry v mm

Tolerance součástky TS		Přípustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížníku - TA
0,020	0,025	0,020	0,007	0,004
0,025	0,030	0,025	0,008	0,005
0,030	0,035	0,030	0,009	0,006
0,035	0,040	0,035	0,011	0,008
0,040	0,045	0,040	0,013	0,009
0,045	0,050	0,045	0,016	0,011
0,050	0,060	0,050	0,019	0,013
0,060	0,070	0,060	0,022	0,015
0,070	0,080	0,070	0,025	0,018
0,080	0,090	0,080	0,029	0,020
0,090	0,100	0,090	0,032	0,023
0,100	0,120	0,100	0,036	0,025
0,120	0,140	0,110	0,036	0,025
0,140	0,160	0,120	0,040	0,027
0,160	0,180	0,140	0,043	0,030
0,180	0,200	0,160	0,054	0,035
0,200	0,220	0,170	0,063	0,040
0,220	0,240	0,180	0,072	0,046
0,240	0,260	0,200	0,081	0,052
0,260	0,280	0,220	0,089	0,058
0,280	0,300	0,230	0,089	0,059
0,300	0,320	0,250	0,100	0,060
0,320	0,350	0,270	0,100	0,062
0,350	0,370	0,290	0,120	0,074
0,370	0,400	0,310	0,120	0,074
0,400	0,430	0,330	0,140	0,087
0,430	0,460	0,350	0,140	0,087
0,460	0,500	0,360	0,160	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,560	0,430	0,160	0,120
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,140
0,650	0,700	0,540	0,220	0,140
0,700	0,750	0,580	0,220	0,160
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,185
0,900	1,000	0,760	0,290	0,210
1,000	1,200	0,880	0,320	0,230
1,200	1,400	1,000	0,360	0,250
1,400	více	1,200	0,400	



Obr. 6. Vystřihování

Tab. 7. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování

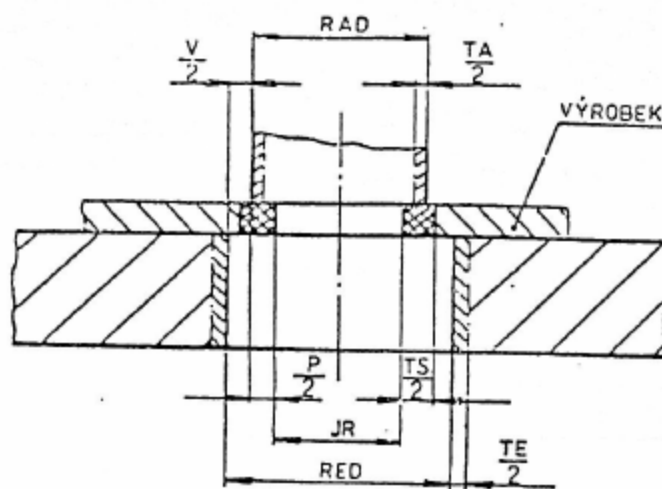
Opotře- bení rozměry:	Orien- tace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížnice	*)	Střížník	**)
Zvětšuje (např.: A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> , E <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR) + TE$	$RAV = (REV + V + TA) - TA$	$RAV = (JR - V + TA) - TA$	$REV = (RAV + V + TE) + TE$
	-	$REV = (JR - P) + TE$		$RAV = (JR - P - V + TA) - TA$	
	±	$REV = (JR - \frac{P}{2}) + TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2} - V + TA) - TA$	
Zmen- šuje (např.: D <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR + P) - TE$	$RAV = (REV + V + TA) + TA$	$RAV = (JR + P + V) + TA$	$REV = (RAV - V + TE) - TE$
	-	$REV = (JR) - TE$		$RAV = (JR + V) + TA$	
	±	$REV = (JR + \frac{P}{2}) - TE$		$RAV = (JR + \frac{P}{2} + V) + TA$	
Nemění (např.: F <sub>1</sub> , H <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAV = (REV) \pm TA$	$RAV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$REV = (RAV) \pm TE$
	-	$REV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$	
	±	$REV = (JR) \pm TE$		$RAV = (JR) \pm TA$	
*) Odvozené vzorce pro střížník				Tlustě zarámované vzorce se používají častěji	
**) Odvozené vzorce pro střížnici					

Vysvětlivky:

REV — rozměr střížnice při vystřihování  
 RAV — rozměr střížníku při vystřihování  
 JR — jmenovitý rozměr součástí  
 V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

TS — tolerance jmenovitého rozměru  
 P — přípustná míra opotřebení  
 TE — výrobní tolerance střížnice  
 TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

CSN 22 6015



Obr. 7. Děrování

Tab. 8. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice při děrování

Opo- tře- bení rozměry:	Orien- tace odchylek TS	Technologicky základní část					
		Střížník	*)	Střížnice	**)		
Zvět- šuje (např.: D <sub>2</sub> obr. 4)	+	$RAD = (JR) + TA$	$RED = (JR - V + TE) - TE$ $(RAD + V + TE) - TE$	$RED = (JR - V + TE) - TE$	$RAD = (RED + V + TA) + TA$		
	-	$RAD = (JR - P) + TA$		$RED = (JR - P - V + TE) - TE$			
	±	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2} - V + TE) - TE$			
Zmen- šuje (např.: A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> , E <sub>2</sub> , J, K obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + P) - TA$	$RED = (JR + V + TE) + TE$ $(RAD + V + TE) + TE$	$RED = (JR + P + V) + TE$	$RAD = (RED + V + TA) - TA$		
	-	$RAD = (JR) - TA$		$RED = (JR + V) + TE$			
	±	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$		$RED = (JR + \frac{P}{2} + V) + TE$			
Nemění (např.: F <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , L obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$RED = (RAD) \pm TE$	$RED = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAD = (RED) \pm TA$		
	-	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$			
	±	$RAD = (JR) \pm TA$		$RED = (JR) \pm TE$			
*) Odvozené vzorce pro střížnici				Tlustě zářámované vzorce se používají nejčastěji			
**) Odvozené vzorce pro střížník							

Vysvětlivky:

RED — rozměr střížnice při děrování  
RAD — rozměr střížníku při děrování  
JR — jmenovitý rozměr součásti  
V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

TS — tolerance jmenovitého rozměru  
P — přípustná míra opotřebení  
TE — výrobní tolerance střížnice  
TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

Příloha č. 11 Výpočty ostatních funkčních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování

Rozměr B<sub>1</sub>:

$$REV = \left( JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left( 100 - \frac{0,46}{2} \right) + 0,19 = 99,77^{+0,19}_0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} RAV &= \left( JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left( 100 - \frac{0,46}{2} - 0,26 + 0,12 \right) - 0,12 = \\ &= 99,63^{+0}_{-0,12} \text{ mm} \end{aligned}$$

Rozměr C<sub>1</sub>:

$$REV = \left( JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left( 20 - \frac{0,31}{2} \right) + 0,12 = 19,85^{+0,12}_0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} RAV &= \left( JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left( 20 - \frac{0,31}{2} - 0,26 + 0,074 \right) - 0,074 = \\ &= 19,66^{+0}_{-0,07} \text{ mm} \end{aligned}$$

Rozměr C<sub>1S</sub>:

$$REV = \left( JR - \frac{P}{2} \right) + TE = \left( 22 - \frac{0,31}{2} \right) + 0,12 = 21,85^{+0,12}_0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} RAV &= \left( JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left( 22 - \frac{0,31}{2} - 0,26 + 0,074 \right) - 0,074 = \\ &= 21,66^{+0}_{-0,07} \text{ mm} \end{aligned}$$

Rozměr D<sub>1</sub>:

$$REV = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TE = \left( 40 + \frac{0,46}{2} \right) - 0,19 = 40,23^{+0}_{-0,19} \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} RAV &= \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TA = \left( 40 + \frac{0,46}{2} + 0,26 \right) + 0,12 = \\ &= 40,49^{+0,12}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Příloha č. 12 Výpočty ostatních funkčních rozměrů střížníku a střížnice při děrování

Rozměr F<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 18 \pm 0,12 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 18 \pm 0,074 \text{ mm}$$

Rozměr G<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 12 \pm 0,12 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 12 \pm 0,07 \text{ mm}$$

Rozměr H<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 5 \pm 0,05 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 5 \pm 0,04 \text{ mm}$$

Rozměr I<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 10 \pm 0,12 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 10 \pm 0,074 \text{ mm}$$

Rozměr J<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 76 \pm 0,19 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 76 \pm 0,12 \text{ mm}$$

Rozměr K<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 25 \pm 0,12 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 25 \pm 0,074 \text{ mm}$$

Rozměr L<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 43 \pm 0,19 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 43 \pm 0,12 \text{ mm}$$


Rozměr M<sub>1</sub>:

$$RED = JR \pm TE = 33 \pm 0,19 \text{ mm}$$

$$RAD = JR \pm TA = 33 \pm 0,12 \text{ mm}$$



## Příloha č. 13 Ceník výkupu ocelového odpadu [32]

 <b>OCEL</b>		—
<b>Fe druh 71 (kupol) /nad 8 mm/ max. 0,4x0,4 m</b>		<b>5,50 Kč / kg</b>
Fe druh 15 - kolejnice max 1,5 m		5,50 Kč / kg
Fe druh 15 - kolejnice nad 1,5 m		5,00 Kč / kg
<b>Fe druh 12 výběr /nad 8 mm/ max. 0,5x0,5x1,5 m</b>		<b>5,50 Kč / kg</b>
Fe druh 12 /nad 6 mm/ max. 0,5x0,5x1,5 m		5,50 Kč / kg
Fe druh 16 /nad 6 mm/ nad 1,5 m		4,50 Kč / kg
<b>Fe druh 14 /4-6 mm/ max. 0,5x0,5x1,5 m</b>		<b>4,50 Kč / kg</b>
Fe druh 17 (nůžkovina) /4-6 mm/ nad 1,5 m		4,00 Kč / kg
<b>Fe netříděné (směs)</b>		<b>4,00 Kč / kg</b>
Fe výrobní odpad nový, druh 73		4,00 Kč / kg
<b>Fe druh 27 - plech starý /pod 3 mm/</b>		<b>4,00 Kč / kg</b>
Fe velké nerozebrané sestavy (stroje, smotky rozorů, technologické celky atd.)		dohodou